

NÚMERO 7 MAYO-JUNIO 2026

# BRÚJULA VERDE

A C C I O N E S   Q U E   D E J A N   H U E L L A



Circular o sólo  
parece circular?

Metodología del IPN para la  
Evaluación de la Circularidad

Innovación circular  
desde el territorio:

CIITA Puebla

# ¿Sabías que...?

Un solo escarabajo estercolero puede enterrar en una noche una cantidad de estiércol equivalente a varias veces su propio peso. Con esta labor evita que recursos valiosos permanezcan sin aprovechar y favorece que continúen circulando dentro del ecosistema.



*Canthon  
indigaceus  
chevrolati*



## DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS

Brújula Verde. Revista de Sustentabilidad, Volumen 7, Número 7, mayo-junio 2026, es una publicación de periodicidad bimestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Coordinación Politécnica para la Sustentabilidad (CPS).

Domicilio de la publicación y distribución: Biblioteca Nacional de Ciencia y Tecnología del IPN "Víctor Bravo Ahuja", 3er piso, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Av. Instituto Politécnico Nacional S/N, Esq. Wilfrido Massieu, Col. San Pedro Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México, C.P. 07738. Tel. (55) 5729 6000 Exts. 54450 a 54464 [www.ipn.mx/sustentabilidad](http://www.ipn.mx/sustentabilidad)

Editora responsable: Mildred Castro Hernández.

Número de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título: 04-2025-092316584100-102.

IDEM de Certificado de Licitud de Contenido: En trámite.

Núm. ISSN: En trámite

Responsable de la última actualización de este Número: Unidad de Informática de la Coordinación Politécnica para la Sustentabilidad.

Fecha de la última modificación:

06 de julio de 2026.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.



Contenido

|    |                                                                                                     |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | <b>Desde una agenda verde</b>                                                                       |    |
|    | Circularidad: el momento de transformar nuestro modelo de desarrollo                                | 6  |
| 2. | <b>Huella verde: El corazón del IPN</b>                                                             |    |
|    | ¿Circular o sólo parece circular? Metodología del IPN para la Evaluación de la Circularidad         | 10 |
|    | Composta politécnica: una solución climática que ya existe                                          | 14 |
| 3. | <b>Iniciativa politécnica: Impulsando soluciones</b>                                                |    |
|    | Innovación circular desde el territorio                                                             | 1  |
|    | Agua y color: aprendizajes de sostenibilidad textil desde la Sierra Nororiental de Puebla           | 20 |
|    | ¿Qué queda después del último trago de mezcal?                                                      | 22 |
|    | Del problema al recurso: biogás a partir de lirio acuático en la presa Endhó                        | 26 |
|    | Raíces, microbios y agua: la alianza viva de los humedales artificiales                             | 30 |
|    | RAEE: la mina que ya existe                                                                         | 34 |
|    | Del discurso a la acción en la CPS: tres herramientas para construir la sustentabilidad politécnica | 38 |

|    |                                                                                      |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4. | <b>Opiniones del cambio: Trascendiendo límites</b>                                   |    |
|    | 90 minutos y millones de toneladas de CO2: el costo climático de la pasión futbolera | 42 |
| 5. | <b>Tendencias sin fronteras: Hacia un futuro verde</b>                               |    |
|    | ¿Quién defiende a quienes defienden el ambiente en México?                           | 46 |
|    | Circularidad en acción: la banca politécnica fabricada de plásticos reciclados       | 50 |
| 6. | <b>El arte que nos habita: Patrimonio e identidad politécnica</b>                    |    |
|    | Breves notas sobre el arte como fundamento de la educación politécnica               | 52 |
| 7. | <b>Dejando marca: Huellas de personas imborrables</b>                                |    |
|    | Brújula Verde. La circularidad es regenerativa                                       | 57 |
| 8. | <b>BV: Comunicación</b>                                                              |    |
|    | Redes sociales                                                                       | 58 |
| 9. | <b>BV: Consulta digital</b>                                                          |    |
|    | Fuentes de consulta                                                                  | 59 |

# Editorial

## Circularidad: el momento de transformar nuestro modelo de desarrollo

*Por la pluma de: Comité Editorial de Brújula Verde.*

La economía circular no apareció de la noche a la mañana. Primero empezó a escucharse en espacios especializados, luego llegó a las políticas públicas y, poco a poco, se fue colando en conversaciones que antes parecían ajenas al tema. Hoy ya forma parte de un debate mucho más amplio sobre el futuro que queremos construir.

Y no es casualidad. Durante mucho tiempo actuamos como si los recursos fueran inagotables. Extraíamos, producíamos, consumíamos y desechábamos casi sin cuestionarlo. Era la forma en que funcionaban las cosas. Pero cada vez resulta más evidente que ese modelo tiene límites. Los vemos en la presión sobre los ecosistemas, en la pérdida de recursos y en los efectos del cambio climático que ya forman parte de nuestra vida cotidiana.

Quizá por eso la economía circular ha ganado tanta atención en los últimos años. En el fondo plantea una pregunta muy simple: ¿cómo podemos generar bienestar utilizando mejor los recursos que ya tenemos?

La respuesta no es sencilla. No existe una fórmula única ni una solución que funcione igual para todos. Cada territorio, cada sector y cada institución enfrenta realidades distintas. Lo que sí comparten es la necesidad de encontrar formas más inteligentes de producir, consumir y desarrollarse sin seguir aumentando la presión sobre el ambiente.

En México estamos entrando en una etapa importante. La Ley General de Economía Circular marca un cambio que va más allá de lo normativo. Es una señal

de que la circularidad comienza a pasar de las buenas intenciones a las acciones concretas.

Para las instituciones de educación superior esto representa un reto, pero también una oportunidad. Generar conocimiento sigue siendo fundamental, pero hoy también necesitamos construir soluciones que puedan aplicarse en el mundo real y contribuir a resolver problemas concretos.

Esa es una de las razones por las que en el IPN seguimos impulsando proyectos, investigaciones y herramientas que buscan acercar la sustentabilidad a la práctica cotidiana. Porque los cambios que necesitamos no ocurren solamente en los discursos; ocurren cuando las ideas encuentran la forma de convertirse en acciones.

Las páginas de esta edición reúnen justamente algunas de esas experiencias. Son proyectos distintos entre sí, desarrollados en contextos muy diferentes, pero con algo en común: la búsqueda de soluciones para enfrentar desafíos ambientales cada vez más complejos.

La transición hacia modelos más sustentables no será inmediata. Tampoco dependerá de una sola tecnología, una sola ley o una sola institución. Se construirá a partir de muchas decisiones, grandes y pequeñas, tomadas por gobiernos, empresas, universidades y ciudadanos.

Tal vez ahí radique el valor más profundo de la economía circular: recordarnos que el desarrollo no consiste solamente en producir más, sino en aprender a hacerlo mejor. **BV**



# Directorio

- » **Dr. Arturo Reyes Sandoval** - Director General.
- » **M. en C. Ismael Jaidar Monter** - Secretario General.
- » **M en E.N.A. María Isabel Rojas Ruiz** - Secretaria Académica.
- » **Dra. Martha Leticia Vázquez González** - Secretaria de Investigación y Posgrado.
- » **M. C. E. Yessica Gasca Castillo** - Secretaria de Innovación e Integración Social.
- » **MAP. Marco Antonio Sosa Palacios** - Secretario de Servicios Educativos.
- » **Mtra. Ana María Arrona González** - Secretaria de Administración.
- » **Mtro. Noel Miranda Mendoza** - Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas.
- » **Ing. Arq. José Alejandro Camacho Sánchez** - Secretario Ejecutivo del Patronato de Obras e Instalaciones.
- » **Mtro. Marx Yazalde Ortiz Correa** - Abogado General del IPN.
- » **M. en C. Modesto Cárdenas García** - Presidente del Decanato.
- » **Mtro. Orlando David Parada Vicente** - Coordinador General de Planeación e Información Institucional.
- » **Ing. Andrés Falcón García** - Coordinador General del Centro Nacional de Cálculo.
- » **Mtro. Marco Antonio Ramírez Urbina** - Coordinador de Imagen Institucional.
- » **Mtra. Mildred Castro Hernández** - Coordinadora Politécnica para la Sustentabilidad.

# Miembros de Brújula Verde

- » **Directora ejecutiva – Mtra. Mildred Castro Hernández;** Liderazgo institucional.
- » **Directora creativa – Lic. Paulina Muñoz Yañez;** Editora de diseño e identidad visual.
- » **Diseño gráfico – Lic. René Perea Hernández;** Ilustraciones e infografías.
- » **Coordinador de vinculación – Lic. Cristhian Hernández Zaragoza;** Responsable de enlaces.



# ¿Circular o sólo parece circular?

## Metodología del IPN para la Evaluación de la Circularidad

*Por la pluma de: Mildred Castro-Hernández, Rodolfo Lacy Tamayo, Olivia Calixto Fernández,*

*Miguel Fitz Castillo y Darío Eduardo Martínez López, todos integrantes de la CPS*

Cuando entramos a un supermercado, navegamos por una tienda en línea o escuchamos una campaña publicitaria, invariablemente nos encontramos con palabras como reciclable, sustentable, carbono neutral o circular. La economía circular ha dejado de ser un concepto reservado para especialistas y ha pasado a formar parte del lenguaje cotidiano de empresas, gobiernos y consumidores.

En su interpretación más común, la economía circular suele reducirse a la simple sustitución de materias primas vírgenes por insumos reciclados. Sin embargo, esta visión es limitada. En un escenario donde el volumen global de producción mantiene una tendencia creciente, el aumento en la demanda de recursos termina por diluir cualquier beneficio ambiental.

Por ello, en el marco del Día Mundial del Medio Ambiente 2026, la Coordinación Politécnica para la Sustentabilidad anunció la próxima publicación de la [Metodología de Medición y Evaluación de la Circularidad de Productos y Servicios](#). Esta iniciativa ha despertado un interés crucial con la intención de responder a la duda que surge cada vez que leemos alguna declaración ambiental en algún producto o servicio: **¿cómo podemos comprobar si es verdaderamente circular?**

De acuerdo con la encuesta *Voice of the Consumer Survey 2024 de PwC*, el 85% de las personas encuestadas afirmó haber experimentado directamente los efectos del cambio climático en su vida cotidiana y, en promedio, está dispuesta a pagar 9.7% más por productos que considera sustentables (PwC, 2024).

Por su parte, la Comisión Europea encontró que más de la mitad de las declaraciones ambientales analizadas en el mercado europeo contenían información vaga, engañosa o difícil de comprobar. En cuatro de cada diez casos ni siquiera existía evidencia suficiente para respaldar lo que se afirmaba y cerca de la mitad de las etiquetas ambientales revisadas presentaban esquemas de verificación débiles o inexistentes (European Commission, 2023).

*La pregunta es, si realmente sabemos lo que significan las afirmaciones ambientales.*

La realidad es simple: cada vez más personas quieren tomar mejores decisiones de consumo, pero no siempre cuentan con elementos para distinguir entre un beneficio ambiental real y una estrategia de mercadotecnia. Entonces, el tema no es sólo ambiental, es un asunto de confianza.

Este fenómeno, conocido como *greenwashing*, ya no es sólo una preocupación exclusiva de organizaciones ambientales o grupos de consumidores. Hoy forma parte de las discusiones regulatorias en distintos países y regiones del mundo. ¿La razón?: cuando las afirmaciones ambientales no pueden verificarse, se dificulta distinguir entre quienes realmente están mejorando su desempeño y quienes simplemente venden una narrativa.

También es fundamental para políticas públicas, esquemas de certificación, compras sustentables y mecanismos de responsabilidad empresarial como la **Responsabilidad Extendida del Productor (PEP)**, los cuales trasladan a los productores e importadores, la responsabilidad física y/o financiera sobre sus

productos en su ciclo de vida, incentivando la recuperación de materiales, el ecodiseño, la generación de información sobre flujos de materiales y residuos, así como la disminución de la huella ambiental (DOF, 2026).

Y es precisamente en este contexto, donde cobra relevancia la **Metodología para la Medición y Evaluación de la Circularidad de Productos y Servicios**, desarrollada por la CPS del IPN. Su principal aportación consiste en cuestionar una de las ideas más extendidas, pero también más simplificadas sobre economía circular: asumir que la circularidad se reduce al reciclaje.

La realidad es mucho más compleja. Un producto puede incorporar materiales reciclados y, al mismo tiempo, incrementar su consumo energético. Puede ser reciclable al final de su vida útil y, aun así, requerir mayores cantidades de agua para su fabricación. Incluso puede reducir el uso de materias primas vírgenes mientras aumenta sus emisiones de gases de efecto invernadero o genera mayores impactos sobre los ecosistemas.

Por ello, algunos de los principales referentes internacionales para medir circularidad van más allá de contabilizar residuos reciclados. Los *Material Circularity Indicators (MCI)*, desarrollados por la Fundación Ellen MacArthur, se enfocan principalmente en evaluar qué tan eficazmente los materiales permanecen en uso y regresan a nuevos ciclos productivos. Por su parte, la **ISO 59020** propone un marco más amplio para medir y evaluar el desempeño circular, incorporando indicadores relacionados con el uso eficiente de recursos, la extensión de vida útil, la reutilización, la reparación, la remanufactura y el reciclaje.

En conjunto, estos enfoques permiten entender la circularidad desde perspectivas complementarias: los MCI ayudan a entender qué tan circulares son los materiales, mientras que la ISO 59020 proporciona elementos para evaluar qué tan circular es el desempeño de productos, servicios u organizaciones.

En términos generales, un mejor **desempeño circular** implica aprovechar los recursos durante más tiempo, reducir la dependencia de materias primas

vírgenes y evitar que materiales con valor terminen convirtiéndose prematuramente en residuos.

La importancia de lo anterior, se vuelve más evidente cuando se observan las tendencias globales. De acuerdo con el *Circularity Gap Report 2024*, la economía mundial pasó de ser 9.1% circular en 2018 a apenas 7.2% circular en 2023. Es decir, aunque la economía circular aparece cada vez con más frecuencia en estrategias empresariales, políticas públicas y discursos institucionales, el uso de materiales secundarios sigue siendo insuficiente frente al crecimiento del consumo global de recursos (*Circle Economy Foundation*, 2024).

Sin embargo, medir la circularidad es sólo una parte de la ecuación. Un producto puede mejorar su desempeño circular y, aun así, generar impactos ambientales significativos en otras etapas de su ciclo de vida. Por ello, además de evaluar qué tan eficientemente se mantienen los recursos en uso, resulta necesario analizar las consecuencias ambientales asociadas a esas decisiones. Para ello existen herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (ISO 14040 e ISO 14044), que permiten cuantificar impactos ambientales asociados a un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, incluyendo categorías como cambio climático, huella hídrica, consumo de energía, acidificación y eutrofización, entre otras.

La metodología desarrollada por la CPS surge precisamente de la convergencia entre estos enfoques. Retoma elementos de los MCI para evaluar la circularidad de los flujos de materiales, incorpora los principios de medición del desempeño circular establecidos en la ISO 59020 e integra la perspectiva ambiental mediante el Análisis de Ciclo de Vida.

“  
**La metodología desarrollada por la CPS surge precisamente de la convergencia entre estos enfoques. Retoma elementos de los MCI para evaluar la circularidad de los flujos de materiales, incorpora los principios de medición del desempeño circular establecidos en la ISO 59020 e integra la perspectiva ambiental mediante el Análisis de Ciclo de Vida.**  
”

Así, uno de sus elementos más relevantes es el principio de **no desplazamiento de impactos ambientales**. En términos simples, una mejora en circularidad sólo puede considerarse positiva si no genera daños mayores en otra etapa del sistema. Un producto o servicio no puede considerarse circular si para lograrlo aumenta sus emisiones, su huella hídrica o su consumo energético, entre otros.

“  
... una mejora en circularidad sólo puede considerarse positiva si no genera daños mayores en otra etapa del sistema. Un producto o servicio no puede considerarse circular si para lograrlo aumenta sus emisiones, su huella hídrica o su consumo energético, entre otros.  
”

En otras palabras, no basta con mantener los recursos en circulación; también es necesario verificar que hacerlo contribuya efectivamente a reducir los impactos ambientales.

La relevancia de estos instrumentos continuará creciendo en los próximos años. En México, la implementación de la Ley General de Economía Circular y de sus instrumentos regulatorios asociados fortalecerá esquemas como la Responsabilidad Extendida del Productor, todos ellos orientados hacia un mismo objetivo: contar con mejores elementos para evaluar el desempeño ambiental y circular de productos y servicios.

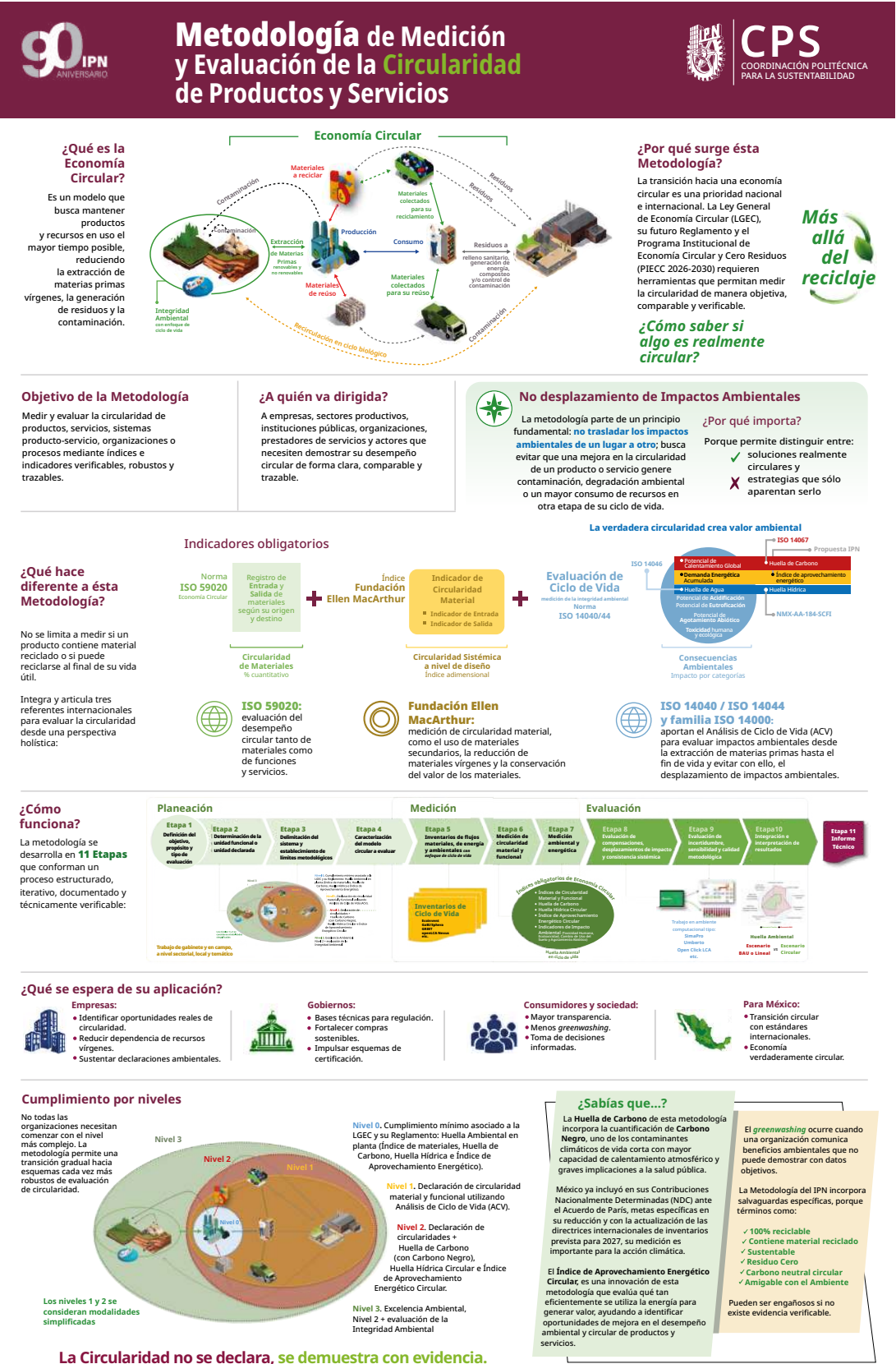
Una preocupación frecuente del sector empresarial es que este tipo de herramientas, podrían traducirse en mayores costos, procesos de autorización más complejos y un incremento de las cargas administrativas asociadas al cumplimiento ambiental. Existe el temor de que la incorporación de Análisis de Ciclo de Vida, indicadores de circularidad, requisitos de trazabilidad de materiales, esquemas de reporte y mecanismos de verificación generen nuevos trámites, estudios técnicos adicionales y tiempos más prolongados para la obtención de licencias.

Sin embargo, el propósito de estos instrumentos no es aumentar la burocracia ni crear barreras regulatorias, sino mejorar la calidad de la información para la toma de decisiones, identificar oportunidades de eficiencia en el uso de recursos y prevenir impactos ambientales a lo largo de toda la cadena de valor. Cuando los productos y servicios se diseñan considerando principios de circularidad desde etapas tempranas, es posible optimizar el uso de materiales y energía, reducir la generación de residuos, disminuir riesgos regulatorios y fortalecer la competitividad. Asimismo, contar con información verificable sobre su desempeño ambiental y circular facilita el acceso a esquemas de financiamiento sostenible, incentivos económicos y mercados que demandan cada vez mayores estándares de sustentabilidad, generando beneficios que pueden compensar ampliamente los esfuerzos iniciales de implementación.

Por ello, la metodología desarrollada por el IPN busca aportar una base técnica sólida para evaluar la circularidad de productos y servicios, facilitando la toma de decisiones de empresas, consumidores y autoridades, así como el desarrollo de futuros esquemas de reconocimiento, certificación o política pública.

Al final, la economía circular no consiste en reciclar más. Consiste en utilizar mejor los recursos, reducir la presión sobre los ecosistemas y asegurar que los beneficios ambientales sean reales y medibles. Y para eso, la evidencia es insustituible. **BV**

“  
... la economía circular no consiste en reciclar más. Consiste en utilizar mejor los recursos, reducir la presión sobre los ecosistemas y asegurar que los beneficios ambientales sean reales y medibles. Y para eso, la evidencia es insustituible.  
”



# Composta politécnica: una solución climática que ya existe

Por la pluma de: Biól. Gabriela Chávez Hidalgo,  
Jefa del Departamento de Gestión y Desempeño  
Ambiental en la CPS

Cuando pensamos en cambio climático solemos imaginar paneles solares, parques eólicos o grandes avances tecnológicos. Sin embargo, algunas de las soluciones más efectivas pueden encontrarse en algo tan cotidiano como los residuos orgánicos que generamos todos los días.

Una cáscara de fruta, restos de comida o residuos de poda parecen inofensivos. Pero cuando terminan en rellenos sanitarios o sitios de disposición final, se descomponen en ausencia de oxígeno y generan metano. Aunque permanece menos tiempo en la atmósfera que el dióxido de carbono, este gas posee un potencial de calentamiento más de 80 veces superior al del CO<sub>2</sub> durante los primeros 20 años después de su emisión, lo que explica por qué su reducción puede generar beneficios climáticos casi inmediatos (UNEP & CCAC, 2021).

Esta reducción adquiere una relevancia especial si se considera que la comunidad internacional busca limitar el aumento de la temperatura media global a 1.5°C respecto a los niveles preindustriales, objetivo establecido en el Acuerdo de París. Al mismo tiempo, numerosos países, empresas e instituciones han asumido compromisos para alcanzar emisiones netas cero (Net Zero) hacia 2050.



Sin embargo, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) advierte que los esfuerzos centrados exclusivamente en la reducción de CO<sub>2</sub> podrían no ser suficientes para evitar que el planeta rebase temporalmente ese umbral. En este contexto, la disminución de emisiones de metano emerge como una de las estrategias más eficaces para reducir el riesgo de sobrepasamiento climático (**climate overshoot**) durante las próximas décadas (OECD, 2025).

“  
... la disminución de emisiones de metano emerge como una de las estrategias más eficaces para reducir el riesgo de sobrepasamiento climático (**climate overshoot**) durante las próximas décadas.  
”

En otras palabras, cada residuo orgánico que evitamos enviar a disposición final no solo deja de ser basura: también puede evitar la generación de uno de los gases con mayor capacidad de calentamiento del planeta.

Visto desde la óptica de la economía circular, el compostaje es una de sus expresiones más claras y antiguas. Los restos de alimentos, hojas y podas se convierten en un recurso capaz de mejorar la calidad de los suelos y contribuir a nuevos ciclos productivos y ecológicos. Es el cierre de uno de los ciclos más importantes de la naturaleza: el de la materia orgánica.

Desde esta perspectiva, la [Planta de Producción de Composta, Laboratorio y Vivero “Dr. Héctor Uriel Mayagoitia Domínguez”](#) del IPN representa mucho más que una instalación para procesar residuos orgánicos.

Constituye una infraestructura de economía circular y una herramienta de acción climática que permite transformar residuos en recursos, reducir emisiones potenciales y fortalecer la salud de los suelos: la materia orgánica incorporada mediante la composta mejora su estructura, favorece la infiltración y retención de agua, estimula la actividad biológica del suelo y contribuye a sostener funciones ecológicas esenciales relacionadas

con la productividad, la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas (FAO, 2017).

“  
...la Planta de Producción de Composta, Laboratorio y Vivero “Dr. Héctor Uriel Mayagoitia Domínguez” del IPN representa mucho más que una instalación para procesar residuos orgánicos. Constituye una infraestructura de economía circular y una herramienta de acción climática que permite transformar residuos en recursos, reducir emisiones potenciales y fortalecer la salud de los suelos.  
”

4° Simposio Internacional de Composta: Investigación y responsabilidad ante el cambio climático

Bajo esta visión se desarrolló el 4° Simposio Internacional de Composta bajo el lema “Investigación y responsabilidad ante el cambio climático”, realizado los días 21 y 22 de abril de 2026 en Zacatenco.

El encuentro reunió a 541 asistentes provenientes de 45 dependencias politécnicas, además de representantes de instituciones académicas nacionales e internacionales y dependencias del Gobierno de la Ciudad de México. Como parte de las actividades, los participantes realizaron recorridos educativos guiados por la Planta de Producción de Composta del IPN, acercándose de manera directa a una de las expresiones más tangibles de la economía circular dentro de nuestra institución.

Más allá de las cifras de asistencia, el Simposio permitió poner sobre la mesa una reflexión cada vez más relevante: las soluciones para enfrentar el cambio climático no siempre requieren tecnologías complejas o desarrollos futuristas. En ocasiones, consisten en recuperar procesos que la naturaleza ha perfeccionado durante millones de años y adaptarlos a las necesidades de las ciudades y las sociedades contemporáneas. BV

VER  
MÁS



**RESIDUOS ORGÁNICOS**  
Restos de comida, cáscaras, hojas y podas.

**COMPOSTAJE**  
Proceso natural que transforma los residuos.

**COMPOSTA**  
Un recurso valioso que regresa a la tierra.

**MENOS METANO, MÁS FUTURO**  
Menos emisiones, menos calentamiento global.

**ECONOMÍA CIRCULAR**  
Los residuos dejan de ser basura y se convierten en recursos para nuevos ciclos productivos.

**ACCIÓN CLIMÁTICA**  
Evita que los residuos produzcan metano, uno de los gases con mayor capacidad de calentamiento.

**SUELOS SALUDABLES**  
Mejora la estructura, favorece la infiltración y retención de agua y estimula la actividad biológica del suelo.

**MÁS VIDA, MÁS RESILIENCIA**  
Contribuye a la biodiversidad, la productividad y la resiliencia de los ecosistemas frente al cambio climático.

“ ... la disminución de emisiones de metano emerge como una de las estrategias más eficaces para reducir el riesgo de sobrepasamiento climático durante las próximas décadas. (OECD, 2025) ”



**4° SIMPOSIO INTERNACIONAL DE COMPOSTA**  
Investigación y responsabilidad ante el cambio climático



**541**  
ASISTENTES



**45**  
DEPENDENCIAS POLITÉCNICAS

La Planta de Producción de Composta del IPN:  
Infraestructura de economía circular y herramienta de acción climática que transforma residuos en recursos y fortalece la salud de los suelos.

## Innovación circular desde el territorio

**Revisión, corrección de estilo de las notas aquí publicadas:** Herenia Guerrero Largo, Jefa de Departamento de Apoyo a Procesos Agroindustriales, CIITA Unidad Puebla, [hguerrero@ipn.mx](mailto:hguerrero@ipn.mx)



El Centro de Innovación e Integración de Tecnologías Avanzadas (CIITA) Unidad Puebla fue creado por el IPN para impulsar la investigación aplicada, la transferencia tecnológica y la vinculación con los sectores productivos de la región. Ubicado en Ciudad Modelo, San José Chiapa, su labor busca acercar el conocimiento científico a las actividades que forman parte de la vida económica y social de Puebla, generando oportunidades para fortalecer la competitividad, el desarrollo regional y la sustentabilidad.

Los proyectos que se presentan en esta edición son una muestra de ese trabajo. Desde la recuperación de cuerpos de agua mediante el aprovechamiento del lirio acuático para la generación de biogás; el uso del análisis de ciclo de vida para identificar oportunidades de mejora ambiental en la producción de mezcal; la aplicación de humedales artificiales para el tratamiento y reúso del agua; hasta el estudio de procesos textiles tradicionales que podrían inspirar esquemas más eficientes en el uso de los recursos, todas estas iniciativas comparten una visión común: comprender mejor los sistemas productivos para hacerlos más eficientes, resilientes y compatibles con los límites ambientales.

Más allá de sus resultados actuales, estos proyectos permiten vislumbrar nuevas posibilidades para el futuro: ecosistemas recuperados, energía generada a partir de biomasa, cadenas de valor que incorporen criterios de sustentabilidad desde su origen, mayor aprovechamiento del agua y procesos productivos capaces de generar valor con una menor presión sobre los recursos naturales.

En conjunto, estas experiencias muestran que la economía circular va mucho más allá del reciclaje. Se trata de repensar la manera en que utilizamos los recursos, diseñamos soluciones y construimos desarrollo, con la convicción de que el crecimiento económico y la protección ambiental no solo pueden coexistir, sino fortalecerse mutuamente. **BV**

# Agua y color: aprendizajes de sostenibilidad textil desde la Sierra Nororiental de Puebla

Por la pluma de: Melody Campos Cortes, Jefa de Apoyo a la Industria Textil en CIITA Unidad

Puebla, mecampo@c@ipn.mx

El dato que cambió la pregunta. Todo comenzó con algo sencillo: una cubeta con agua. Durante la observación de un proceso artesanal de teñido textil en la Sierra Nororiental de Puebla, llamó la atención la cantidad de agua utilizada para procesar aproximadamente 5 kg de material: la cifra rondaba los 20 L. Dentro del taller, aquello parecía completamente normal. Sin embargo, al trasladar la observación al lenguaje técnico de la ingeniería textil, el dato adquirió otro significado.

En la industria se utiliza un parámetro conocido como relación baño-material (*liquor ratio*) para medir cuántos litros de agua se emplean por kilogramo de fibra procesada (Broadbent, 2001). El proceso observado presentó una relación cercana a 1:4, equivalente a 4 L de agua por kilogramo de material teñido; una cifra relevante, pues en procesos industriales convencionales de teñido y acabado esta relación suele operar alrededor de 1:10 o superior, según el tipo de maquinaria, fibra y condiciones de operación (Ghaly et al., 2014).

En términos prácticos, para procesar la misma cantidad de material, un sistema industrial convencional podría requerir alrededor de 50 L de agua frente a los 20 L observados en el proceso artesanal.

| Proceso                                  | Relación baño-material | Agua utilizada (SL) |
|------------------------------------------|------------------------|---------------------|
| Artesanal (Sierra Nororiental de Puebla) | 1:4                    | 20L                 |
| Industrial convencional                  | 1:10                   | 50L                 |

Más allá de los números, la diferencia sugiere que detrás de ciertos métodos tradicionales existen dinámicas de uso y control del agua aún poco estudiadas, lo que permitió abrir una pregunta técnica importante: ¿qué factores permiten que ciertos sistemas productivos operen con consumos hídricos considerablemente menores?

## Cuando el entorno define la forma de producir

En distintos sistemas textiles tradicionales, las formas de producción se desarrollan históricamente en relación directa con la disponibilidad local de recursos. La cantidad de agua utilizada, los tiempos de proceso y las dinámicas de trabajo no surgieron únicamente de criterios técnicos aislados, sino también de condiciones prácticas vinculadas al entorno.

En este tipo de procesos, el agua deja de ser solamente un recurso abundante disponible bajo demanda y se convierte en un elemento que condiciona decisiones operativas, favoreciendo prácticas donde el aprovechamiento del recurso suele ser más cuidadoso y controlado.

Más que catalogar los procesos en “mejores” o “peores”, la observación permite reconocer que distintos sistemas productivos evolucionaron bajo contextos diferentes: mientras la industria moderna priorizó escalabilidad, velocidad y estandarización, muchos sistemas artesanales desarrollaron mecanismos de adaptación asociados a disponibilidad limitada de recursos. Precisamente ahí aparece el valor técnico de la comparación.

“... Más que catalogar los procesos en “mejores” o “peores”, la observación permite reconocer que distintos sistemas productivos evolucionaron bajo contextos diferentes: mientras la industria moderna priorizó escalabilidad, velocidad y estandarización, muchos sistemas artesanales desarrollaron mecanismos de adaptación asociados a disponibilidad limitada de recursos. Precisamente ahí aparece el valor técnico de la comparación.

## El reto hídrico de la industria textil

Actualmente, uno de los principales desafíos ambientales de la industria textil es el elevado consumo de agua, energía y productos químicos, especialmente en las etapas de teñido y acabado (Kant, 2012).

Frente a este escenario, distintas estrategias internacionales buscan reducir la huella ambiental de la manufactura textil mediante modelos de economía circular, trazabilidad y optimización de recursos. Entre ellas destacan iniciativas como la **Estrategia para Textiles Sostenibles y Circulares** impulsada por la Unión Europea (European Commission, 2022).



Gran parte de las soluciones se han centrado en innovación tecnológica, automatización y sistemas de recuperación de agua. Sin embargo, observaciones como la realizada en la Sierra Nororiental de Puebla muestran que también puede existir valor en analizar cómo otros sistemas productivos resolvieron (de forma empírica) el uso eficiente de recursos.

El objetivo no es sustituir procesos industriales por artesanales ni idealizar prácticas tradicionales. El verdadero interés radica en identificar principios operativos que puedan inspirar nuevas estrategias de sostenibilidad dentro de la manufactura contemporánea, de modo que esa observación inicial se convierta en un punto de partida para abrir preguntas técnicas sobre eficiencia hídrica, control de procesos y uso racional del agua.

## Hacer visible lo que no solía medirse

Durante mucho tiempo, numerosos procesos textiles tradicionales permanecieron fuera de los marcos técnicos de análisis industrial, no por falta de complejidad, sino porque pocas veces fueron observados mediante herramientas comparativas de ingeniería. En ese sentido, medir también es una forma de reconocer.

Desde el CIITA Unidad Puebla, este tipo de análisis forma parte de una línea de trabajo orientada a integrar sostenibilidad, ingeniería y contexto territorial dentro del estudio de sistemas textiles, porque, en ocasiones, la innovación no comienza necesariamente creando algo nuevo: comienza cuando se observa con atención algo que siempre estuvo ahí. BV

“Desde el CIITA Unidad Puebla, este tipo de análisis [ingeniería comparativa] forma parte de una línea de trabajo orientada a integrar sostenibilidad, ingeniería y contexto territorial dentro del estudio de sistemas textiles...”

# ¿Qué queda después del último trago de mezcal?

**Por la pluma de:** Marisol Hernández Cayetano, Personal de Apoyo y Asistencia a la Educación, HUB Agroindustrial en el CIITA Unidad Puebla, [mhernandezcay@ipn.mx](mailto:mhernandezcay@ipn.mx)

En los ejidos del municipio de Huaquechula y de la región de Puebla, hay maestros mezcaleros que conocen el agave antes de que crezca. Saben en qué lugar prospera mejor, cuántos años necesita antes de la jima, cómo cambia su sabor según el suelo. Ese conocimiento acumulado por generaciones es exactamente lo que una Denominación de Origen busca proteger. Pero para que esa protección sea efectiva y duradera, la identidad necesita algo más que memoria, necesita evidencia. Y para construir evidencia se recurre a la ciencia.

## Cuando el territorio necesita un respaldo técnico

El CIITA Puebla del IPN desarrolló el Estudio Técnico de la Denominación de Origen de Mezcal (DOM) para los municipios de Puebla y Huaquechula (Vinculación y Desarrollo Regional, 2026), documentando la transferencia tecnológica a familias productoras de seis ejidos de la región. El objetivo no era solo cumplir un requisito regulatorio, sino construir un argumento sólido y es que el mezcal de esta región es producto de condiciones únicas de suelo, clima, variedad de agave y práctica productiva que no existen en ningún otro lugar.

Para lograrlo, el equipo realizó visitas directas a los talleres, entrevistas con los productores, mapeo geoespacial del territorio y análisis fisicoquímicos conforme a la NOM-070-SCFI-2016 (Secretaría de Economía, 2017). No fue un trabajo de laboratorio trasladado al campo. Fue un trabajo construido desde el campo hacia el laboratorio.

*Los maestros mezcaleros no fueron objetos de estudio; fueron co-investigadores. Eso es ciencia comunitaria. Cuando quien produce participa en la generación del conocimiento sobre su proceso, los resultados no solo son más precisos: también son más adoptables.*

“  
**El CIITA Puebla del IPN desarrolló el Estudio Técnico de la Denominación de Origen de Mezcal (DOM) para los municipios de Puebla y Huaquechula (Vinculación y Desarrollo Regional, 2026), documentando la transferencia tecnológica a familias productoras de seis ejidos de la región.**  
”



Lo que el taller revela: un proceso vivo, complejo y con consecuencias

Entrar a un taller mezcalero es entender que cada decisión deja huella. Las piñas del agave se cosechan, se cuecen en hornos de piedra, se muelen, fermentan y se destilan. Cada variable moldea las notas del producto final como el tipo de leña, el tiempo de cocción, la cepa de levaduras, la forma del alambique. Es un proceso artesanal altamente variable, profundamente local y difícil de estandarizar sin perder lo que lo hace valioso.

Pero ese mismo proceso que define la identidad del mezcal poblano también genera algo que pocas veces aparece en la conversación y son los residuos. Cuando el mezcal ya está en la botella, quedan dos subproductos que el territorio también tiene que absorber: el bagazo, fibra sólida del agave, y las vinazas, líquido ácido de la destilación. Cada piña contiene aproximadamente un 40% de su peso en fibra. En Oaxaca, el 84% del bagazo termina en ríos o se quema (Ruiz-Guerrero, 2026).



“  
Aquí aparece una pregunta que posterior al estudio técnico no se podía ignorar: ¿puede sostenerse en el tiempo una identidad productiva que no gestiona sus propios impactos?  
”

Cuando el residuo encuentra una nueva historia

Esa pregunta llevó al equipo a incorporar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), metodología bajo las normas ISO 14040 e ISO 14044 (ISO, 2006a, 2006b), el cual permite seguir el proceso completo desde la jima hasta el envasado, midiendo recursos e impactos en cada etapa.

Los datos ya ofrecen señales claras: en producciones con *Agave cupreata* en Michoacán, la bioenergía representa el 87% de la energía acumulada, y la mala

gestión de vinazas concentra el 60.4% del impacto sobre la calidad del agua dulce (Núñez *et al.*, 2023). El transporte de piñas y la cocción con leña tienen la mayor huella de emisiones, abriendo la puerta a hornos mejorados. Aplicado en el HUB del CIITA, el ACV ha permitido cuantificar flujos de materia y energía y establecer indicadores que conectan eficiencia productiva con sostenibilidad ambiental (IPN, s.f.).

Las oportunidades son concretas ya que el bagazo tiene potencial para compostaje y las vinazas pueden aprovecharse en codigestión anaerobia para producir biogás (Gómez-Guerrero *et al.*, 2018). Quedan retos reales como estandarizar datos en un contexto artesanal variable, construir bases de datos mexicanas para agave, integrar resultados en políticas locales y programas de DOM, pero la dirección es clara: que la sostenibilidad se convierta también en un argumento de valor para los productores. **BV**



# Del problema al recurso: biogás a partir de lirio acuático en la presa Endhó

**Por la pluma de:** Aydee Fernanda Rivera Lima, Personal de Apoyo y Asistencia a la Educación, HUB Hídrico en el CIITA Unidad Puebla, afrivera@ipn.mx

## Un problema que ya no puede ignorarse

Desde la orilla, la presa Endhó se ve, en grandes tramos, como una alfombra verde. No es pradera: es lirio acuático, que hoy cubre cerca del 70% del espejo de agua (SEMARNAT, 2025). Esta planta ha sido estudiada como posible aliada para limpiar cuerpos de agua ya que tiene la peculiar capacidad de absorber metales, pesticidas y otros compuestos (Carrion *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2022), pero sin el manejo adecuado se expande con rapidez y se vuelve plaga.

El lirio acuático tiene la capacidad de duplicar su biomasa en 2 semanas (INECC, 2025). Al crecer, desplaza a especies nativas, bloquea la luz, reduce la fotosíntesis y baja el oxígeno disuelto; el resultado es mortandad de fauna y una cadena de nutrientes interrumpida (Rodríguez *et al.*, 2022). A esto se suma que el agua de Endhó ya presenta metales pesados, fenoles, alta materia orgánica, coliformes fecales, grasas y aceites, nitratos y color verdadero elevado (SEMARNAT, 2024), condiciones vinculadas con aumentos de enfermedades gastrointestinales, renales y algunos tipos de cáncer (Aboytes *et al.*, 2024). La presa recibe descargas de Tepeji del Río y Tula, además de la Zona Metropolitana del Valle de México; ese caudal se usa para riego en el Valle del Mezquital (Campos y Nieto, 2013). Es decir: lo que ocurre aquí afecta ecosistemas, agricultura y salud.

## ¿Y si el lirio acuático pudiera convertirse en energía?

Con esa pregunta comienza la innovación. Diversos trabajos señalan que el lirio puede integrarse a esquemas de bioeconomía circular a través de biorrefinerías: instalaciones que transforman biomasa en productos útiles, combustibles o energía (Aguilar y Torres, 2025; Sacramento *et al.*, 2010). Extraer el lirio no solo despeja el agua; tratado junto con aguas residuales, puede convertirse en un insumo que ayuda a reducir la carga contaminante y, a la vez, generar recursos aprovechables.

“... el lirio puede integrarse a esquemas de bioeconomía circular a través de biorrefinerías: instalaciones que transforman biomasa en productos útiles, combustibles o energía...”

El corazón de la propuesta es la digestión anaerobia. Piensa en una “digestión sin aire”: comunidades microbianas descomponen la biomasa en cuatro etapas hasta producir metano. Primero, hidrólisis (las macromoléculas se vuelven azúcares y aminoácidos); después, acidogénesis (aparecen ácidos grasos volátiles y compuestos de cadena corta); luego,

acetogénesis (se forman ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono); finalmente, metanogénesis, donde ciertos microorganismos producen el metano a partir de esos compuestos (síntesis de Carrion *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2022). En términos prácticos, lo que hace el estómago de una vaca, aquí lo realiza un reactor.

## Del diseño a la acción

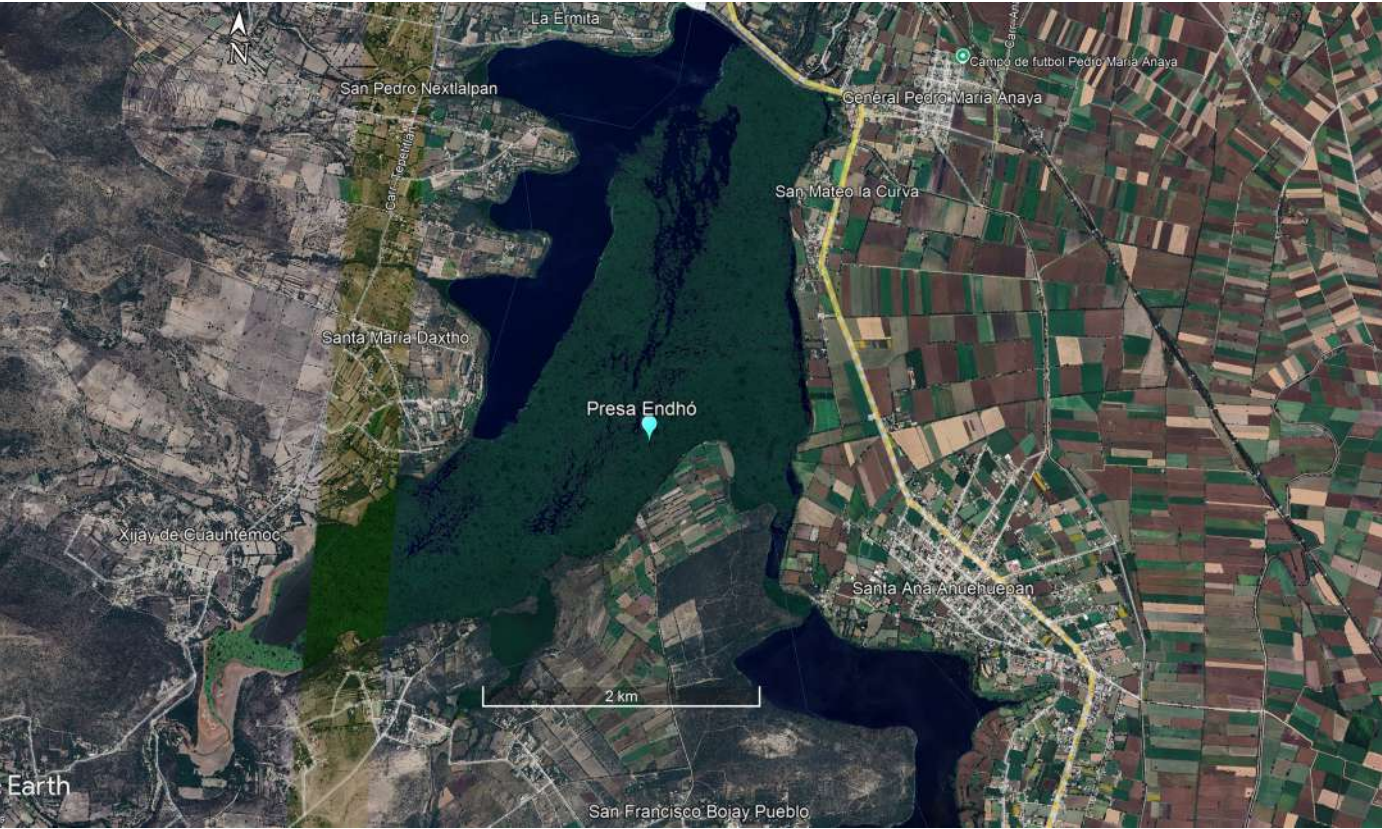
En el proyecto del CIITA Unidad Puebla, ese reactor anaerobio se alimentará con lirio pretratado y aguas residuales, junto con un consorcio de microorganismos (bacterias, protozoos, arqueas y hongos) que realizarán la conversión biológica. Tras un periodo de estabilización de entre 30 y 120 días, se espera obtener biogás para combustión, además de digestato o biofertilizante para mejorar suelos y lodos estabilizados con potencial de enmienda.

El enfoque busca impactos concretos: control del lirio en la superficie de la presa, reducción de contaminantes asociados a las descargas, producción local de energía a partir del biogás y mejora de suelos mediante el aprovechamiento del digestato. También se prevé una disminución de plagas de mosquitos en la

zona, asociadas a láminas de agua estancada cubiertas por vegetación densa (SEMARNAT, 2025; SEMARNAT, 2024; Aboytes *et al.*, 2024).

“...En el proyecto del CIITA Unidad Puebla, ese reactor anaerobio se alimentará con lirio pretratado y aguas residuales, junto con un consorcio de microorganismos... control del lirio en la superficie de la presa, reducción de contaminantes asociados a las descargas, producción local de energía a partir del biogás y mejora de suelos mediante el aprovechamiento del digestato”

El equipo del CIITA Unidad Puebla trabaja en la puesta en marcha del reactor: selección de puntos de muestreo para iniciar pruebas de laboratorio, en la definición de combinaciones de sustratos y consorcios microbianos para la digestión, y en el diseño operativo del reactor. Un avance que transforma un reto ambiental en energía útil, con ciencia y técnica aplicada al servicio de la patria. **BV**



# COMPARATIVA DIGESTIÓN ANAEROBIA

## VACA VS REACTOR DE BIOGÁS

### DIGESTIÓN RUMIAL ANAEROBIA

#### ENTRADA

De lirio acuático

#### SISTEMA DIGESTIVO

- Rumen
- Reticulo
- Omaso
- Abomaso

#### FERMENTACIÓN ANAEROBIA ACTIVA

- Hidrólisis
- Acidogénesis
- Metanogénesis

#### DETALLE DE FLUIDO RUMIAL

Microbiota especializada en lignocelulosa del lirio

Microbioma diverso

- Bacterias
- Protozoos
- Hongos

PH Ácido neutro  
pH 5.5 - 6.6

#### SALIDAS

- Emisiones de metano
- Estiércol y orina

#### PROCESO NATURAL NO OPTIMIZADO

Bajas tasas de captura de biogás.  
Subproductos no concentrados.

### REACTOR DE DIGESTIÓN ANAEROBIA

#### ENTRADA

De sustrato orgánico + Inóculo

#### REACTOR

Tanque hermético sin oxígeno

#### ZONA DE REACCIÓN

- Alto rendimiento de biogás
- Recuperación de nutrientes
- pH neutro
- Agitación constante
- 37° C

Degradación de la materia orgánica

#### SALIDAS

- Producción de biogás  
 **$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{Ácidos}$**
- Lodos digeridos

#### APROVECHAMIENTO

- Gas para energía
- Combustible
- Digestato/biofertilizante
- Fertilizante orgánico

#### PROCESO TECNOLÓGICO OPTIMIZADO

Alta eficiencia en la producción de biogás, recuperación de nutrientes y fertilizante concentrado.

# FUNCIONAMIENTO DE UNA BIORREFINERÍA URBANA

## DE RESIDUOS A BIOCOMBUSTIBLES

### 1 ENTRADAS (MATERIAS PRIMAS)



Residuos Sólidos Urbanos (RSU)



Residuos Orgánicos

### 2 AGUAS RESIDUALES URBANAS



Aguas Residuales y Lodos

### SECCIÓN A

#### PRETRATAMIENTO Y SEPARACIÓN



Planta de separación mecánica



Trommet

#### TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Sedimentación de residuos



Tanque de aireación

### SECCIÓN B



DIGESTOR ANAEROBIO

#### CONVERSIÓN BIOLÓGICA (DIGESTIÓN ANAEROBIA)

Hidrólisis  
Acidogenesis  
Metanogenesis

#### PURIFICACIÓN DE BIOGÁS

( $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ ) Bioigás  
(95% +  $\text{CH}_4$ ) Biometano

#### PROCESAMIENTO DE DIGESTATO

Fertilizante orgánico

Agua tratada reutilizable

### SECCIÓN C

#### CONVERSIÓN QUÍMICA Y TÉRMICA (OPCIONAL)



Gasificador  
Purificación de Gas de Síntesis

Gas de Síntesis ( $\text{H}_2 + \text{CO}$ )  
Biohidrógeno ( $\text{H}_2$ )

#### PRODUCTOS FINALES

- ✓ Biogás
- ✓ Biometano
- ✓ Biohidrógeno
- ✓ Fertilizante orgánico
- ✓ Gas de síntesis

**Supervisión y concepto de infografía:** Luis Enrique Martínez Rodríguez, Jefe de Unidad de Soporte Informático en el CIITA Unidad Puebla, lemartinezr@ipn.mx; **Diseño y edición gráfica de infografía:** José Raúl Herrera Sánchez, estudiante de Licenciatura de Negocios Digitales en la ESCA, jherreras1500@alumno.ipn.mx

# Raíces, microbios y agua: la alianza viva de los humedales artificiales

**Por la pluma de:** Marco Antonio Cedillo Sánchez, Personal de Apoyo y Asistencia a la Educación, HUB Hídrico en CIITA Unidad Puebla, mcedillos@ipn.mx

Imagina un canal de agua gris que, metros adelante, emerge limpia entre tallos de carrizo y raíces sumergidas. No hay tanques de concreto, ni reactivos químicos. Solo plantas, grava y millones de microorganismos haciendo lo que llevan milenios perfeccionando. Eso es un humedal artificial, y es una de las respuestas más prometedoras a una de las crisis ambientales más urgentes de nuestro tiempo.

En cuencas como la del río Atoyac, donde la crisis hídrica y contaminación es visible y cotidiana, las soluciones basadas en la naturaleza han pasado de ser alternativas “verdes” a herramientas de vanguardia en la política pública. Los humedales artificiales (HA) son quizás el ejemplo más elocuente de esta transición: sistemas diseñados por el ser humano que imitan lo que los ecosistemas naturales hacen de forma gratuita, eficiente y silenciosa.

“  
**Los humedales artificiales (HA) son (...) sistemas diseñados por el ser humano que imitan lo que los ecosistemas naturales hacen de forma gratuita, eficiente y silenciosa.**  
”

## ¿Qué ocurre exactamente bajo la superficie?

Un humedal artificial es un sistema diseñado y construido por el ser humano para remover y degradar contaminantes que combina tres elementos que parecen simples: plantas acuáticas, sustrato (grava o arena) y microorganismos (EPA, 2004). A diferencia de una planta de tratamiento convencional, los HA funcionan con procesos naturales, como la filtración, y procesos simbióticos entre plantas y microorganismos, por ejemplo, la bio-adherencia y la degradación por metabolismos biológicos (Pandiarajan, 2025). Existen distintos tipos de HA, de flujo superficial, subsuperficial, horizontales o verticales, que se adaptan al clima, tipo de contaminante y escala del proyecto.

Cerca de la mitad de las aguas residuales generadas mundialmente se descargan sin tratamiento adecuado, lo que contamina ríos, lagos y acuíferos, problema que se agrava en países en desarrollo por los altos costos de operación y mantenimiento de plantas convencionales (IPCC, 2014). Ahí es donde los HA muestran ventaja al ofrecer tratamiento descentralizado, ideal para comunidades pequeñas, zonas rurales e incluso colonias urbanas. Los resultados demuestran remociones de entre 60 a 90% de materia orgánica, así como reducciones significativas de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y sólidos suspendidos con un consumo energético muy inferior (Marín-Muñoz *et. al.*, 2023).

## Servicios ecosistémicos: lo que los humedales artificiales aportan más allá del tratamiento

Más allá de limpiar agua, los HA aportan servicios ecosistémicos: capturan carbono, regulan el microclima de las regiones, promueven la biodiversidad y pueden integrarse como espacios educativos o recreativos. Adicionalmente, representan una vía para avanzar hacia la economía circular del agua, permitiendo la reutilización del efluente tratado en riego agrícola, áreas verdes o recarga de acuíferos ya que reutilizar agua superficial reduce la presión sobre los mantos freáticos, reservorios de agua potable más importantes del país (Gutiérrez-Jaber, 2023).

## Diseño, operación y mantenimiento: aprendizajes clave

Los HA parecen tener muchos puntos a favor, sin embargo, el principal error en la implementación de humedales artificiales no es tecnológico, sino de gestión. Muchos proyectos fallan por subdimensionamiento, falta de mantenimiento o uso inadecuado de especies vegetales. En etapas tempranas, se pensó erróneamente que los HA eran sistemas “sin operación”, cuando en realidad requieren monitoreo hidráulico y mantenimiento periódico de la vegetación (UNU-INWEH, 2023).

“  
Los HA parecen tener muchos puntos a favor, sin embargo, el principal error en la implementación de humedales artificiales no es tecnológico, sino de gestión. Muchos proyectos fallan por sub-dimensionamiento, falta de mantenimiento o uso inadecuado de especies vegetales.  
”

La experiencia internacional ha mostrado que los sistemas híbridos, que combinan distintos tipos de humedales, mejoran la eliminación de nutrientes y patógenos, y que el diseño debe adaptarse a las condiciones climáticas locales para evitar emisiones de gases o pérdidas de eficiencia (UN-Water, 2024).

En México solo alrededor de 57% del agua municipal recibe tratamiento, a pesar de eso, el uso de humedales artificiales ha crecido de forma sostenida en las últimas dos décadas. Una revisión nacional identifica más de 60 experiencias documentadas, principalmente con humedales de flujo subsuperficial, logrando remociones que cumplen con normas oficiales mexicanas (CONAGUA, 2015).



Perspectivas y oportunidades locales

En el CIITA Puebla – IPN, donde colaboramos activamente en el diseño y puesta en marcha de estos sistemas, se realizó recientemente el **2do Foro del Agua**, espacio en el que expertos ambientales analizaron los puntos clave de la emergencia hídrica en torno al manejo del recurso. La experiencia reciente, nos ha mostrado que los humedales artificiales pueden ser una solución viable para comunidades periurbanas y rurales, reduciendo descargas contaminantes y costos de operación sin comprometer gran parte de la eficiencia.

“  
La experiencia reciente, nos ha mostrado que los humedales artificiales pueden ser una solución viable para comunidades periurbanas y rurales, reduciendo descargas contaminantes y costos de operación sin comprometer gran parte de la eficiencia.  
”

Apostar por esta tecnología en Puebla no solo es una decisión ambiental, sino también social y económica: significa tratar agua, recuperar ecosistemas y formar capital humano en torno a soluciones sustentables. La naturaleza ya sabe cómo tratar el agua; el reto es aprender a trabajar con ella. **BV**



# RAEE: la mina que ya existe

**Por la pluma de:** Diana Itzel Yépes Romano (tesista de posgrado), José Carlos Landecho Ulloa (tesista de licenciatura), Saúl Casquera López (tesista de licenciatura) y, Dr. Ricardo G. Sánchez Alvarado (Prof.-investigador), todos en la ESIQIE-IPN

A nualmente se generan millones de toneladas de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), los cuales constituyen una de las problemáticas ambientales de mayor crecimiento a nivel mundial, impulsada por el acelerado avance tecnológico y la reducción de la vida útil de los dispositivos electrónicos. En México, la generación de estos residuos por habitante en promedio es de 11.8 kg superando así las 1.8 millones de toneladas anuales reportadas en 2024 (SEDEMA, s.f.).

El manejo inadecuado de los RAEE trae como consecuencia no solo impactos ambientales y riesgos a la salud, sino una pérdida de metales valiosos como el oro (Au), plata (Ag) y cobre (Cu), entre otros. Esto se debe a que los RAEE están compuestos por una mezcla compleja de materiales, entre ellos metales base, metales preciosos, plásticos, pinturas, resinas y otros potencialmente tóxicos como compuestos bromurados, etc., lo que resalta la necesidad del desarrollo e implementación de procesos circulares, que permitan altas tasas de recuperación de estos valores metálicos y su reincorporación como suministro a sistemas productivos.

**De residuo a recurso: el potencial de los RAEE**  
En México, los RAEE han tomado relevancia en los

últimos años debido a que su creciente generación (principalmente en las grandes ciudades) y sumado a su clasificación como residuos de manejo especial y voluminosos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana [NOM-161-SEMARNAT-2011](#). Estos residuos se diferencian de otros residuos por su alto y diverso contenido metálico, algunos de ellos incluso clasificados como metales críticos, por su escasez y difícil accesibilidad.

Dentro de los RAEE, los Circuitos Electrónicos Impresos (CEI) presentan una composición extraordinariamente compleja, ya que por ejemplo, contienen resinas poliméricas extremadamente resistentes al calor y a procesos mecánicos, diseñadas para proteger los componentes electrónicos durante su vida útil. Esta ventaja establecida en su funcionamiento se convierte en todo un reto para la recuperación de los metales contenidos.

### El potencial metálico en los RAEE

El cobre (Cu), plomo (Pb), plata (Ag) y oro (Au) destacan como los metales de mayor interés para ser recuperados de los RAEE, debido a su relativo alto contenido y/o valor, lo que genera de ellos una alta demanda a nivel mundial. Por ejemplo, el contenido de cobre en RAEE puede ser comparable o incluso notablemente

superior al presente en minerales explotados de forma convencional. Metales preciosos como el oro, pueden encontrarse en contenidos de miles de veces mayor en los RAEE comparado con sus fuentes primarias (minerales).

Con respecto al cobre, de acuerdo con el U.S. Geological Survey (2024), su producción minera primaria enfrenta desafíos en la producción, debido al agotamiento de yacimientos, lo que implica procesar mayores volúmenes de mineral, propiciando mayor cantidad de insumos, energía, agua, etc. y el consecuente incremento en la generación de residuos (sólidos, líquidos y gaseosos). En tanto, los RAEE presentan concentraciones significativamente más altas de cobre, lo que posiciona a la minería urbana como una alternativa para la recuperación de este metal. Considerando que el 22% de la producción mundial de cobre se destina a la industria electrónica, la recuperación de estos residuos lograría aproximarse al flujo de un metal cuya extracción convencional presenta limitaciones crecientes.

Considerando lo anterior, los RAEE se posicionan como una fuente secundaria estratégica para la recuperación de metales, ofreciendo una alternativa

que contribuye a reducir la dependencia de la minería convencional y los impactos ambientales asociados a ésta. En este contexto, resulta fundamental evaluar tecnologías que permitan su aprovechamiento eficiente, entre las que destacan los procesos hidrometalúrgicos, debido a sus elevados niveles de recuperación y selectividad en la extracción de metales valiosos.

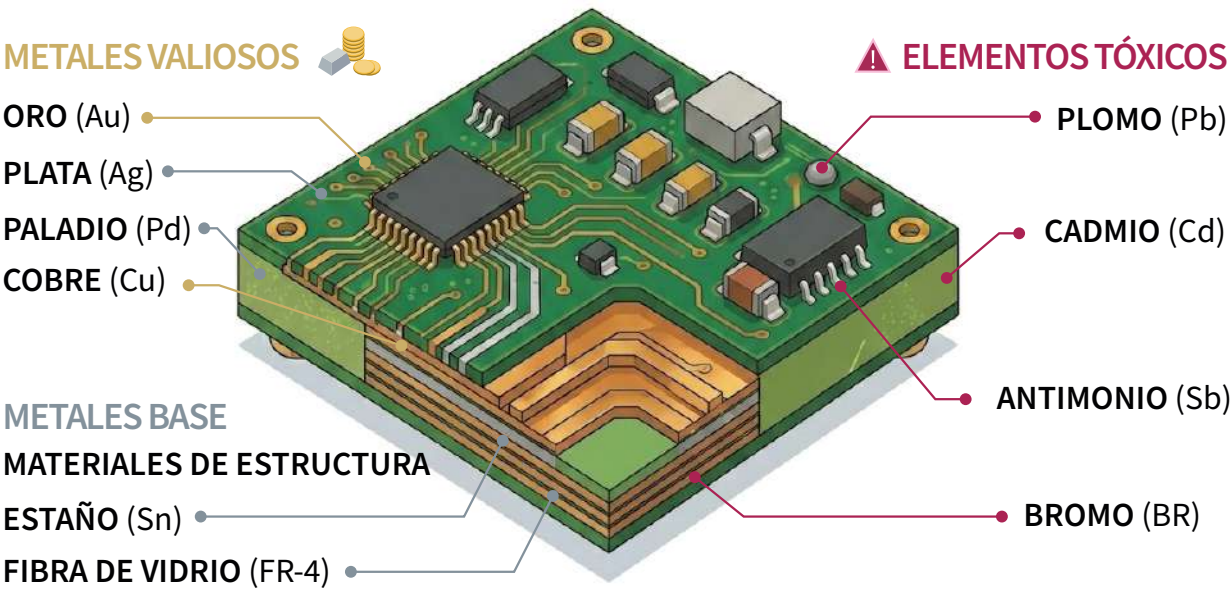
“... resulta fundamental evaluar tecnologías que permitan su aprovechamiento eficiente, entre las que destacan los procesos hidrometalúrgicos, debido a sus elevados niveles de recuperación y selectividad en la extracción de metales valiosos.”

### Hidrometalurgia: recuperación eficiente de metales

La hidrometalurgia es un proceso prometedor para la recuperación de metales como Cu, Pb, Ag y Au, a partir de RAEE, la cual se basa en el uso de soluciones acuosas

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UNA PLACA ELECTRÓNICA

### ANÁLISIS DE METALES VALIOSOS Y ELEMENTOS TÓXICOS



para disolver selectivamente los metales contenidos en estos residuos, permitiendo incorporarlos a procesos de separación y recuperación bajo condiciones controladas. Anderson y Cui (2021) sustentan que la hidrometalurgia es una alternativa de bajo impacto comparada a la pirometalurgia y, si se realiza de manera adecuada, puede alcanzar recuperaciones metálicas de hasta el 95% en CEI.

Una de las principales ventajas operativas es el uso de bajas temperaturas, comparado a los procesos tradicionales, lo que reduce significativamente el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO2. Por otro lado, su alta selectividad permite tratar materiales complejos como los residuos electrónicos, donde los metales se encuentran mezclados con plásticos, cerámicos y otros compuestos.

No obstante sus ventajas en términos de eficiencia y menor impacto ambiental frente a otras alternativas de recuperación de metales, la hidrometalurgia aplicada a los RAEE enfrenta desafíos importantes. Entre ellos destacan el manejo seguro de los reactivos químicos utilizados durante la lixiviación, así como el tratamiento adecuado de las soluciones residuales generadas en el proceso. Asimismo, la heterogeneidad propia de los residuos electrónicos exige sistemas de clasificación y pretratamiento altamente eficientes, ya que la composición de los equipos puede variar significativamente según el fabricante, el año de producción y los materiales empleados. Esta diversidad puede dificultar las etapas de trituración, homogenización y concentración, incrementando los tiempos de operación y la necesidad de controles específicos para garantizar una recuperación selectiva y eficiente de los metales.

Ante este panorama, resulta fundamental impulsar innovaciones que permitan valorizar los RAEE de manera eficiente y facilitar su integración a los sistemas productivos ya establecidos. En este contexto, **tesistas de la ESIQIE (Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas) desarrollan proyectos orientados a vincular la minería urbana con los procesos metalúrgicos convencionales, explorando alternativas para recuperar metales estratégicos contenidos en los residuos electrónicos mediante rutas hidrometalúrgicas.**

Las investigaciones se enfocan en la obtención de soluciones ricas en cobre y otros metales de valor a partir de la lixiviación de RAEE, así como en el control de las condiciones necesarias para su incorporación a etapas posteriores de purificación y electrorefinación. El objetivo es generar corrientes con características compatibles con los procesos industriales existentes, permitiendo recuperar metales de alta pureza sin requerir transformaciones radicales de la infraestructura actualmente disponible.

Este enfoque representa una oportunidad para complementar las fuentes tradicionales de suministro de materias primas, aprovechando recursos que ya se encuentran en circulación dentro de la economía. Más que sustituir a la minería convencional, la minería urbana busca reducir la presión sobre la extracción de recursos vírgenes mediante el reaprovechamiento de materiales contenidos en productos que han concluido su vida útil.

“  
**Más que sustituir a la minería convencional, la minería urbana busca reducir la presión sobre la extracción de recursos vírgenes mediante el reaprovechamiento de materiales contenidos en productos que han concluido su vida útil.**  
”

“  
**... la hidrometalurgia aplicada a los RAEE enfrenta desafíos importantes. Entre ellos destacan el manejo seguro de los reactivos químicos utilizados durante la lixiviación, así como el tratamiento adecuado de las soluciones residuales generadas en el proceso.**  
”



Desde la perspectiva de la economía circular, el valor de estas investigaciones radica en mantener los materiales en uso durante el mayor tiempo posible, reincorporándolos a nuevos ciclos productivos y evitando que terminen como residuos. Sin embargo, este aprovechamiento sólo puede considerarse verdaderamente circular cuando se evita trasladar los impactos de una etapa a otra del proceso. Por ello, aspectos como el consumo de energía, el uso eficiente del agua, la gestión de reactivos y el tratamiento de efluentes constituyen elementos centrales en el desarrollo de estas tecnologías.

La viabilidad futura del reciclaje de RAEE dependerá no sólo de contar con marcos regulatorios, sistemas de acopio y esquemas de gestión adecuados, sino también de desarrollar procesos cada vez más eficientes, selectivos y ambientalmente responsables. En este sentido, la investigación que se realiza en la ESIQIE contribuye a la construcción de soluciones tecnológicas capaces de recuperar recursos estratégicos, reducir la generación de residuos y fortalecer la transición hacia



# Del discurso a la acción en la CPS: tres herramientas para construir la sustentabilidad politécnica

Por la pluma de: *Olivia Calixto Fernández, Departamento de Proyectos Especiales y Cambio Climático-CPS*



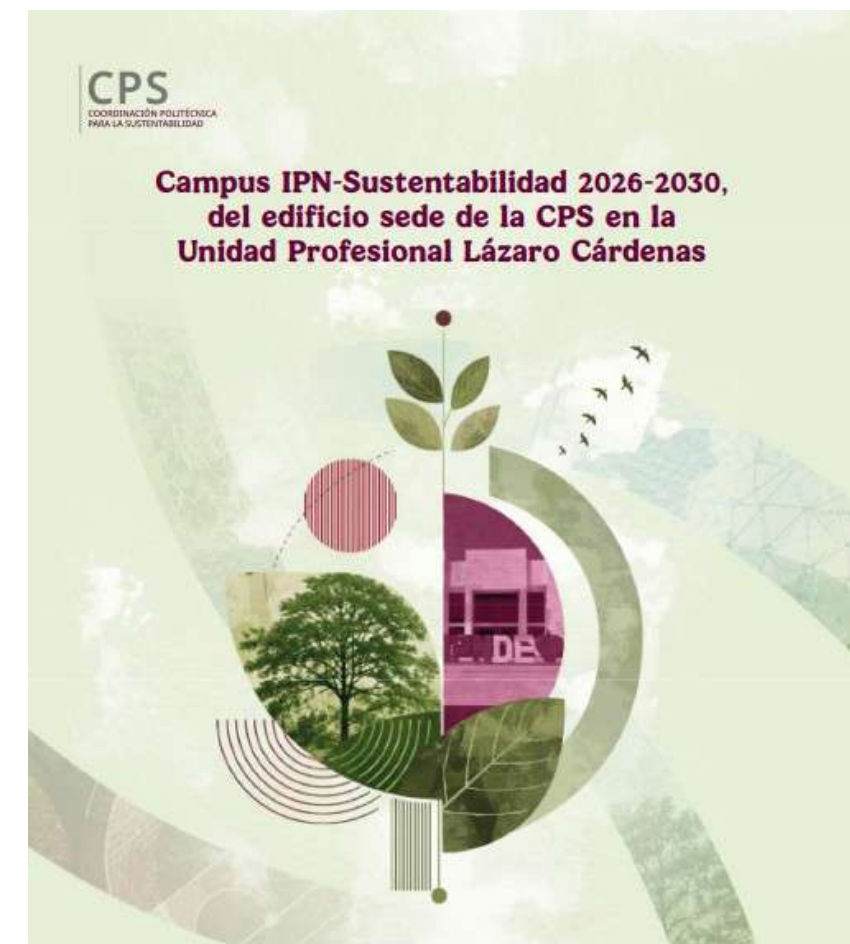
**E**l Día Mundial del Medio Ambiente 2026 puso el foco en uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo: la acción climática. Bajo el llamado **#PorElClimaYa**, Naciones Unidas recordó que el cambio climático ya no es un problema del futuro, sino una realidad que exige respuestas concretas desde todos los sectores.

En la Coordinación Politécnica para la Sustentabilidad (CPS), una de las formas de conmemorar esta fecha fue mediante la publicación de tres instrumentos que buscan llevar la sustentabilidad del discurso a la práctica cotidiana en todas las dependencias politécnicas.

## Programa para la Sustentabilidad de la CPS 2026-2030

El primero de ellos es el Programa para la Sustentabilidad de la CPS 2026-2030, un documento que establece la ruta de trabajo para los próximos años y articula temas como cambio climático, gestión del agua, economía circular, consumo responsable, y fortalecimiento institucional.

***Más que una lista de acciones, el programa plantea una visión de largo plazo: incorporar la sustentabilidad como parte de la toma de decisiones y de la vida cotidiana de la comunidad politécnica.***



CONOCE  
MÁS

Guía para la elaboración de los Programas de Sustentabilidad de las Dependencias Politécnicas

El segundo documento busca resolver una pregunta práctica: ¿cómo puede una escuela o cualquier dependencia politécnica, convertir los principios de sustentabilidad en un plan de trabajo propio?

Esta guía como el programa para la sustentabilidad de la CPS derivan del [Programa para la Sustentabilidad en el Instituto Politécnico Nacional 2025-2030](#), en específico de su Pilar 2. “Campus Sustentables”, el cual es la base para la elaboración de dichos instrumentos por cada una de las dependencias politécnicas en el país.

**La Guía para la elaboración de Campus Sustentabilidad ofrece una ruta clara para que cada dependencia construya su propio programa, identifique prioridades, establezca metas y dé seguimiento a sus resultados. El documento traduce conceptos que suelen parecer complejos en herramientas de planeación aplicables al contexto de cada unidad académica.**

En otras palabras, acerca la sustentabilidad al terreno donde realmente ocurre: los campus.



Guía para alcanzar la Meta Cero Residuos del PIECC 2026-2030

La tercera publicación se enfoca en uno de los temas más visibles para cualquier comunidad: los residuos.

La Guía para alcanzar la **Meta Cero Residuos** del [Programa Institucional de Economía Circular y Cero Residuos del IPN \(PIECC\) 2026-2030](#), propone una visión que va más allá de separar materiales reciclables. El documento impulsa la prevención en la generación de residuos, el aprovechamiento de recursos, la valorización de materiales y la construcción de una cultura institucional orientada a reducir aquello que termina en disposición final.

**La meta no es gestionar mejor la basura. La meta es generar cada vez menos residuos.**

Aunque cada documento aborda un tema distinto, los tres comparten una misma idea: la sustentabilidad requiere herramientas, planeación y participación. En un contexto donde la acción climática exige pasar de las declaraciones a los resultados, estas publicaciones buscan ofrecer a la comunidad politécnica elementos concretos para avanzar hacia campus más resilientes, eficientes y responsables con su entorno. **BV**



## 90 minutos y millones de toneladas de CO<sub>2</sub>: el costo climático de la pasión futbolera

Por la pluma de: Mildred Castro Hernández, titular de la CPS

A estas alturas del Mundial, seguramente todos tenemos alguna historia que contar. El partido que vimos con amigos, el gol que nos hizo gritar, la selección que nadie esperaba que llegara tan lejos o la discusión eterna sobre si realmente era fuera de lugar.

Pero mientras vemos los partidos, pocas veces pensamos en todo lo que hay detrás para que ese espectáculo ocurra. Porque un Mundial no son solamente 22 jugadores en una cancha y millones de emociones por parte del público en todo el planeta. También son miles de vuelos, hoteles llenos, transporte moviendo aficionados, estadios funcionando durante horas, toneladas de alimentos y bebidas, mercancías, pantallas, iluminación y una enorme cantidad de recursos puestos en marcha al mismo tiempo.

Visto así, el Mundial es una de las operaciones logísticas más grandes del planeta.

Y este Mundial 2026 tiene algo particular. Por primera vez participarán 48 selecciones y el torneo se celebrará de manera conjunta entre México, Estados Unidos y Canadá. Es un hecho histórico para el fútbol, pero también llega en un momento en que hablar de cambio climático ya no es algo lejano. Las olas de calor, los fenómenos meteorológicos extremos y la presión sobre las ciudades forman parte de la conversación cotidiana.

Por eso han surgido preguntas incómodas, pero necesarias. Una de ellas es cuánto cuesta ambientalmente organizar un evento de esta magnitud.

... cuánto cuesta ambientalmente organizar un evento de esta magnitud.

Un reporte reciente, [FIFA's Climate Blind Spot](#), estima que el Mundial 2026 podría generar alrededor de 9 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e). Gran parte de esas emisiones estaría asociada a los viajes aéreos de aficionados, equipos y personal relacionado con el torneo.

La cifra es tan grande que resulta difícil imaginarla. Más allá del número exacto que finalmente se registre, sirve para dimensionar algo importante: los grandes eventos también tienen una huella ambiental considerable.

**Pero el tema no termina en las emisiones.** Cuando observamos el Mundial desde una perspectiva de economía circular, aparecen otras preguntas. ¿Qué pasa con los miles de envases que se utilizan en cada partido? ¿Con los alimentos que no se consumen? ¿Con la publicidad temporal, las lonas, la señalización o los productos promocionales que suelen utilizarse durante unas cuantas semanas?

... el tema no termina en las emisiones. Cuando observamos el Mundial desde una perspectiva de economía circular, aparecen otras preguntas. ¿Qué pasa con los miles de envases que se utilizan en cada partido? ¿Con los alimentos que no se consumen? ¿Con la publicidad temporal, las lonas, la señalización o los productos promocionales que suelen utilizarse durante unas cuantas semanas?

Son preguntas que también podríamos hacernos después de un concierto, un festival o cualquier evento masivo.

La economía circular parte de una idea bastante simple: aprovechar mejor los recursos, generar menos desperdicios y mantener los materiales en uso durante el mayor tiempo posible.

Quizá por eso vale la pena destacar algo que ha pasado relativamente desapercibido. En México, las sedes mundialistas se apoyan principalmente en infraestructura ya existente. El Estadio Azteca, el Akron y el BBVA han sido modernizados y adaptados, pero no fue necesario construir nuevos complejos deportivos desde cero.

Y eso importa más de lo que parece pues en términos ambientales, reutilizar casi siempre resulta mejor negocio que empezar de nuevo. Aplica para un estadio, para un edificio, para un producto y, en realidad, para casi cualquier recurso.

Todavía falta tiempo para saber qué tan precisas fueron las estimaciones sobre la huella climática del Mundial. Quizá resulten conservadoras, quizá exageradas o quizá muy cercanas a la realidad.

Lo que sí sabemos es que el deporte más popular del planeta ya forma parte de una conversación que difícilmente podrá evitarse en los próximos años: cómo seguir disfrutando aquello que nos apasiona sin perder de vista los límites ambientales del planeta.

Porque detrás de cada gol, cada festejo y cada silbatazo, también se juega otro partido. Uno que tiene que ver con la forma en que usamos los recursos, generamos residuos y construimos nuestro futuro.

Y ese partido ya empezó hace tiempo. **BV**



# ¿Quién defiende a quienes defienden el ambiente en México?

*Por la pluma de:* Gustavo Alanís Ortega, Fundador y Director Ejecutivo del Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA)



En 2025 se contabilizaron 135 eventos de agresión que involucraron 314 agresiones específicas, lo que representa un incremento respecto de 2024, cuando se documentaron 94 eventos y 236 agresiones. Estas cifras colocan a 2025 como el segundo año con más eventos de agresión contra personas y comunidades defensoras ambientales, sólo por detrás de 2022, cuando se registraron 197 eventos.

“  
2025 se ubicó como el segundo año con más eventos de agresión en contra de personas y comunidades defensoras ambientales, sólo por detrás de 2022, cuando se registraron 197 eventos.

Las agresiones más frecuentes fueron la estigmatización (90 agresiones específicas, equivalentes al 28.6%), la intimidación (42 agresiones, 13.3%) y la difamación (37 agresiones, 11.7%). En conjunto, estas conductas representaron el 53.6% del total de las agresiones documentadas. Cabe destacar que, en numerosos casos, este tipo de ataques se perpetró en el ámbito digital.

Por su parte, la criminalización continúa siendo una de las agresiones más utilizadas contra las personas defensoras, con un total de 107 víctimas, lo que representa el 33.1% del total de defensores directamente agredidos.

En 2025, diez personas defensoras de los derechos humanos ambientales fueron víctimas de agresiones letales. Si bien esta cifra es menor a la registrada en años anteriores, ello no necesariamente refleja una mejora en la situación, ya que no se observa una disminución sostenida en el número total de agresiones.

Resulta especialmente preocupante que, en los últimos once años, se hayan contabilizado 199 personas defensoras ambientales que perdieron la vida a causa

de su labor. Se trata de una realidad inaceptable e insostenible. Asimismo, durante 2025 tres personas defensoras fueron víctimas de desaparición; dos de ellas fueron posteriormente encontradas sin vida y, de la tercera, hasta la fecha se desconoce su paradero.

El año 2025 presentó una característica distinta a la observada en periodos anteriores: las principales víctimas de estos ataques fueron integrantes de organizaciones de la sociedad civil, seguidas por pueblos y comunidades indígenas.

“  
En 2025, las principales víctimas de estos ataques fueron integrantes de organizaciones de la sociedad civil, seguidas por pueblos y comunidades indígenas.

Las entidades federativas con el mayor número de eventos de agresión fueron la Ciudad de México, con 39 eventos (28.8%); Puebla, con 20 (14.8%); y Oaxaca, con 17 (12.5%). En conjunto, estas entidades concentraron más de la mitad de los eventos registrados durante el año. No obstante, resulta particularmente alarmante la situación de Jalisco, donde ocurrieron tres de las diez agresiones letales y una de las tres desapariciones documentadas en 2025.

Por sector, el mayor riesgo de agresiones se observó en los ámbitos hídrico, con 29 casos (21.4% de los eventos de agresión); biodiversidad, con 22 casos (16.2%); y vías de comunicación, con 18 casos (13.3%).

Respecto de los agentes perpetradores, el Estado tuvo algún grado de participación en 76 eventos de agresión. Le siguió el sector privado, cuya participación ha mostrado una tendencia creciente en los últimos años, con 13 eventos, y posteriormente la delincuencia organizada, con 12 casos. En 61 eventos no fue posible identificar al responsable, debido a que las agresiones se llevaron a cabo en el entorno digital.

¿Qué hace falta? Entre muchas otras acciones, destacan las siguientes:

- 1. Combatir la impunidad, frente a la persistente omisión y falta de respuesta efectiva del Estado ante las agresiones documentadas.
- 2. Diseñar, implementar y supervisar una política pública integral de protección para las personas defensoras del medio ambiente.
- 3. Fortalecer la coordinación institucional del Mecanismo de Protección para Personas Defensoras de Derechos Humanos y Periodistas, dotándolo de recursos humanos y financieros suficientes.
- 4. Implementar de manera efectiva en México el Acuerdo de Escazú, particularmente en materia de acceso a la información, participación pública y acceso a la justicia ambiental.

La evidencia es contundente: persiste una violencia estructural y generalizada contra quienes defienden el patrimonio natural de nuestro país. México debe garantizar de manera efectiva el respeto y la protección de los derechos humanos ambientales. La pregunta sigue vigente y exige una respuesta urgente: **¿quién defiende a las personas defensoras ambientales? BV**



MÁS AGRESIONES QUE EL AÑO ANTERIOR



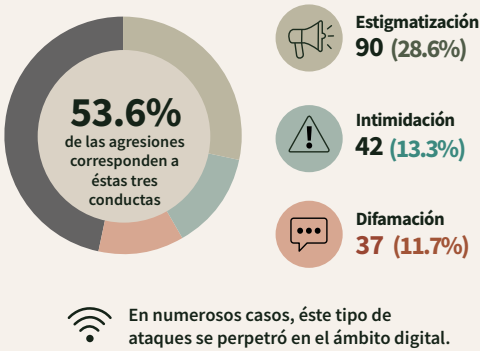
PRINCIPALES VÍCTIMAS EN 2025



ENTIDADES FEDERATIVAS CON MÁS EVENTOS (2025)



AGRESIONES MÁS FRECUENTES (314 agresiones específicas)



¿QUÉ HACE FALTA?



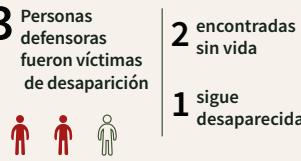
CRIMINALIZACIÓN: UNA DE LAS AGRESIONES MÁS UTILIZADAS



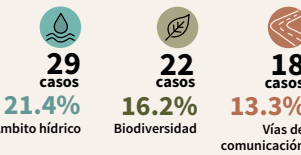
AGRESIONES LETALES EN 2025



DESAPARICIONES EN 2025



SECTORES CON MAYOR RIESGO DE AGRESIONES (2025)



SUJETOS PERPETRADORES (2025)



# Circularidad en acción: la banca politécnica fabricada de plásticos reciclados

Por la pluma de: Comité editorial de BV



En 2025 se contabilizaron 135 eventos de agresión que el marco del Día Mundial del Medio Ambiente 2026, vale la pena compartir una acción que muestra cómo los residuos pueden incorporarse nuevamente a un ciclo de uso.

Los plásticos recuperados durante la **Carrera IPN Once K 2026** no terminaron como basura. Gracias al trabajo conjunto con empresas aliadas como A3 & Asociados, S.C. y MARCOLITE, S.A. de C.V., parte de ese plástico fue transformado en una banca que actualmente se encuentra en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Zacatenco.

“... ese plástico fue transformado en una banca que actualmente se encuentra en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Zacatenco.

Puede parecer algo sencillo. Y, en cierto sentido, lo es. Sin embargo, esta banca representa el resultado de un esfuerzo colectivo que comenzó con la recuperación y separación adecuada de los materiales generados durante el evento.

Más allá del mobiliario en sí, la iniciativa busca mostrar que los materiales pueden seguir siendo útiles una vez concluida su función original. También permite acercar a la comunidad politécnica ejemplos concretos de aprovechamiento de residuos dentro de sus propios espacios.

“Más allá del mobiliario en sí, la iniciativa busca mostrar que los materiales pueden seguir siendo útiles una vez concluida su función original.

A veces, la economía circular se hace visible de formas muy simples: en una banca, en un nuevo uso para un material recuperado o en pequeñas acciones que ayudan a repensar la manera en que se utilizan los recursos. **BV**



El plástico acopiado se transformó en un nuevo punto de encuentro



Hoy forma parte de la comunidad Politécnica

## Breves notas sobre el arte como fundamento de la educación política

**Por la pluma de:** José Antonio Cruz González, Director de Difusión Cultural (DDC-IPN) y Samantha Leyva Cortés, adscrita a la DDC-IPN

En 2025 se contabilizaron 135 eventos de agresión que el arte ha ocupado un lugar importante dentro del proyecto educativo, históricamente ha sido utilizado como una herramienta para la formación cultural, estética e identitaria, tal como lo hizo el proyecto educativo impulsado desde la Secretaría de Educación Pública -fundada en 1921-, desarrollado a partir de la visión de José Vasconcelos, quien buscó vincular la educación con la construcción de una identidad nacional, retomando las artes como parte del desarrollo educativo y cultural.

Así pues, las ideas que Vasconcelos estaban influenciadas por miradas eurocentradas, particularmente, tradiciones griegas y renacentistas, aunque, de igual forma, reconocía algunas tradiciones locales. Asimismo, también estuvo influenciado de algunos pensadores rusos, que de acuerdo con González Calderón (2016) y Moraga Valle (2016) reconoció y retomó para plantear en su modelo pedagógico, a la educación artística como un eje para la formación integral de la población. De esta forma, con la creación de la Secretaría de Educación Pública, se logró consolidar un binomio entre educación y arte, como herramienta pedagógica y formación cultural, es decir, a través del establecimiento de un Departamento de Bellas Artes se impulsó, a la par que a la educación, también a la pintura, la escultura, la música y canto (González Calderón, 2016).

“  
...con la creación de la Secretaría de Educación Pública, se logró consolidar un binomio entre educación y arte, como herramienta pedagógica y formación cultural...  
”

En este contexto, la pintura y la escultura buscaron transformar los espacios públicos con la intención de llegar a amplios sectores de la población; los muros de edificios gubernamentales y escolares fueron espacios de expresión pictórica donde se socializó, visualmente, el



nacionalismo (González Calderón, 2016). Sin embargo, se privilegió la educación técnica, en aras del proyecto de desarrollo y el progreso, relegando a la educación artística como complemento de la educación escolar, situación que aún está presente, ahora buscando preparar a una fuerza laboral especializada (Calvillo y Ramírez, 2012; Mariscal, 2009).

No obstante, esta relación entre arte y educación continuó desarrollándose en otros proyectos educativos posteriores, como el del IPN, fundado en 1936. En este contexto, el muralismo adquirió nuevas características vinculadas con la formación técnica y científica promovida por el instituto. Así, sus muros se convirtieron en espacios para la representación de los ideales y preocupaciones de su tiempo. De hecho, en la década de los años cincuenta, los muros de las recientes escuelas políticas construidas en la unidad académica del Casco de Santo Tomás, fueron un espacio de expresión donde artistas como David Alfaro Siqueiros y Federico Silva reflexionaron sobre los peligros del auge de la técnica, en cómo la humanidad debería utilizar estos avances a su favor y no como herramientas en pro de potencias para lograr objetivos de destrucción (Cruz González y Leyva Cortés 2026; Valencia Flores y Robles Colina, 2021).



“

***...en la década de los años cincuenta, los muros de las recientes escuelas politécnicas construidas en la unidad académica del Casco de Santo Tomás, fueron un espacio de expresión donde artistas como David Alfaro Siqueiros y Federico Silva reflexionaron sobre los peligros del auge de la técnica, en cómo la humanidad debería utilizar estos avances a su favor...***

”

En este proceso resulta relevante la figura de Antonio Rodríguez Díaz Fonseca (1908-1993). Historiador, periodista, fotógrafo, literato, crítico y gestor cultural. Desarrolló una intensa actividad como periodista, escritor, y crítico de arte, convirtiéndose en uno de los intelectuales más prestigiosos del país, además de tejer lazos con artistas como Frida Kahlo y Diego Rivera, tal y como lo describe David Gutiérrez Fuentes (2008), en el Boletín Informativo de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco, Cauce.

En 1961, durante la administración de Eugenio Méndez Docurro, fue invitado a trabajar en el Politécnico. De inicio, apoyó organizando exposiciones, más adelante se convirtió en el Jefe del Departamento de Difusión Cultural, con una línea de trabajo definida por “unir humanidades a la ciencia y la ciencia a humanidades” (1988). Su proyecto estuvo dirigido a la conformación de un acervo artístico dentro de esta casa de estudios, un importante esfuerzo institucional por preservar y difundir el patrimonio artístico y cultural, para que las comunidades puedan dar sentido a su lugar en la historia.

Para concluir, la labor de Antonio Rodríguez fue decisiva para construir uno de los acervos artísticos universitarios más importantes del país. Hoy, el IPN resguarda más de 1,700 piezas que forman parte de us memoria, su identidad y su proyecto educativo. Siguiendo la reflexión de Néstor García Canclini (1999), *el patrimonio cobra verdadero sentido cuando es conocido, observado, interpretado y compartido por su comunidad*. Cada mural, escultura, pintura o pieza gráfica presente, es una invitación a descubrir otra dimensión del Politécnico: aquella donde la ciencia, la técnica y el arte dialogan para dar significado a nuestra historia y proyectarla hacia le futuro. **BV**

### La circularidad es regenerativa

La economía circular no existe para cumplir una moda ni para llenar discursos. Su verdadero valor es mucho más simple y, al mismo tiempo, más importante: reducir la presión sobre los ecosistemas, disminuir la generación de residuos y contaminación, aprovechar mejor los recursos y contribuir a entornos más saludables para las personas.

Más allá de conceptos, metodologías o marcos regulatorios, el reto consiste en traducir la circularidad en acciones concretas y resultados verificables. Porque al final, lo que está en juego no es únicamente la eficiencia de los sistemas productivos, sino la calidad ambiental y la salud de las generaciones presentes y futuras.

### Brújula Verde



# Fuentes de consulta

## ¿Circular o sólo parece circular? Metodología del IPN para la Evaluación de la Circularidad

- » Circle Economy Foundation. (2024). *Circularity Gap Report 2024*. Amsterdam, Países Bajos: Circle Economy Foundation. <https://www.circularity-gap.world/2024>
- » Diario Oficial de la Federación. (2026). *Ley General de Economía Circular*. Ciudad de México, México: Secretaría de Gobernación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEC.pdf>
- » European Commission. (2023). *Environmental claims in the EU: Inventory and reliability assessment*. Brussels, Bélgica: European Commission. [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/green-claims\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/green-claims_en)
- » Fundación Chile. (s. f.). Elijo Reciclar. Santiago de Chile, Chile: Fundación Chile. <https://www.elijoreciclar.cl>
- » Ministerio del Medio Ambiente. (2021). *Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040*. Santiago de Chile, Chile: Gobierno de Chile. <https://economyacircular.mma.gob.cl/hoja-de-ruta/>
- » PricewaterhouseCoopers. (2024). *Voice of the Consumer Survey 2024*. London, United Kingdom: PwC. <https://www.pwc.com/gx/en/issues/c-suite-insights/voice-of-the-consumer-survey.html>

## Composta politécnica: una solución climática que ya existe

- » Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2017). *Soil organic carbon: The hidden potential*. Rome, Italy: FAO.
- » OECD. (2025). *Targeting Methane Emissions to Mitigate the Risk of Climate Overshoot*. Paris, France: OECD Publishing. [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/04/targeting-methane-emissions-to-mitigate-the-risk-of-climate-overshoot\\_92b5b4c3/5fa37719-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/04/targeting-methane-emissions-to-mitigate-the-risk-of-climate-overshoot_92b5b4c3/5fa37719-en.pdf)
- » UNEP, & Climate and Clean Air Coalition (CCAC). (2021). *Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions*. Nairobi, Kenya: UNEP.

## Innovación circular desde el territorio: CIITA Puebla

### Agua y color: aprendizajes de sostenibilidad textil desde la sierra nororiental de puebla

- » Broadbent, A. D. (2001). *Basic principles of textile coloration*. Bradford, England: Society of Dyers and Colourists.

- » European Commission. (2022). *EU strategy for sustainable and circular textiles*. Brussels, Belgium: European Commission.
- » Ghaly, A. E., Ananthashankar, R., Alhattab, M., & Ramakrishnan, V. V. (2014). Production, characterization and treatment of textile effluents: A critical review. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 5(1), 182. doi:10.4172/2157-7048.1000182
- » Kant, R. (2012). Textile dyeing industry an environmental hazard. *Natural Science*, 04(01), 22-26. doi:10.4236/ns.2012.41004

## ¿Qué queda después del último trago de mezcal?

- » Gómez-Guerrero, A., Valdez-Vázquez, I., Caballero-Caballero, M., Chiñas-Castillo, F., Alavéz-Ramírez, J., & Montes-Bernabé, J. (2018). Co-digestion of *Agave angustifolia* Haw bagasse and vinasses for biogas production from mezcal industry. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 18(3), 1073–1083.
- » IPN. (s. f.). *Laboratorios especializados: Laboratorios agroindustriales*. CIITA Puebla. <https://www.ciitapuebla.ipn.mx/servicios-a-empresas/laboratorios-especializados/laboratorios-agroindustriales.html>
- » ISO. (2006a). *ISO 14040:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework*. ISO.
- » International Organization for Standardization. (2006b). *ISO 14044:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines*. ISO.
- » Núñez, J., Musule, R., & Rodríguez, C. (2023). Evaluating the environmental performance of mezcal production in Michoacán, México: A life cycle assessment approach. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 28, 1658–1674. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02237-y>
- » Ruiz-Guerrero, N. (2026, 18 de febrero). El secreto del bagazo de agave: no es residuo, es riqueza. *The Conversation*. Disponible en: <https://theconversation.com/el-secreto-del-bagazo-de-agave-no-es-residuo-es-riqueza-271187>
- » Secretaría de Economía. (2017). *NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones*. Diario Oficial de la Federación. [https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/6437/seeco11\\_C/seeco11\\_C.html](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/6437/seeco11_C/seeco11_C.html)
- » Vinculación y Desarrollo Regional. (2026, 29 de abril). [Página de Facebook]. Facebook. Recuperado el 19 de

mayo de 2026 de <https://www.facebook.com/share/p/1BGrAUVACP/>

**Del problema al recurso: biogás a partir de lirio acuático en la presa Endhó**

» Aboytes, J., Reyes, A., Malagón, D., Reynoso, J., Martínez, A., López, M., Garnica, B., Hernández, L., Sánchez, D., Márquez, T., Flores, O., & Ruvalcaba, J. (2024). *Enfermedades asociadas a entornos ambientales de la presa Endhó en comunidades de Tula, Hidalgo, México*. Perspectivas sobre la salud, el bienestar y la calidad de vida. Capítulo 3. 30-37.

» Aguilar, N., & Torres, E. (2025). *Diversificación de uso y manejo sostenible de lirio acuático*. Mix Tec, vol. 5 núm. 9, pp 151-165, ISSN 2683-3220

» Campos, S., & Nieto A. (2013). *Autodepuración de la presa Endhó en Hidalgo*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Cooperativa Cruz Azul.

» Carrion, C., Ponce, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M. & Vanegas, C. (2012). *Aprovechamiento potencial del lirio acuático (Eichhornia Crassipes) en Xochimilco para fitorremediación de metales*. Agrociencia, vol. 46, núm. 6, pp. 609-620. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30224486007>

» INECC. (2025). *Evaluación de la concentración de metales en lirios acuáticos de la presa Endhó para su aprovechamiento nacional*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/996654/evaluacio\\_n\\_lirios\\_Dif\\_150525.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/996654/evaluacio_n_lirios_Dif_150525.pdf)

» Rodríguez, J., Cervantes, F., Arámbula, G., Mariscal, L., Aguirre, C., & Andrio, E. (2022). Lirio acuático (Eichhornia crassipes): una revisión. *Agronomía Mesoamericana*, Universidad de Costa Rica, vol. 33, núm. 1, pp. 1-12, <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201>

» Sacramento, J.C., Romero, G., Cortés, E., Pech, E., & Blanco, S. (2010). *Diagnóstico del desarrollo de biorrefinerías en México*. *Revista mexicana de ingeniería química*, 9(3), 261-283. ISSN 1665-2738

» SEMARNAT. (2025). *SEMARNAT informa un avance de más del 50% en el retiro de lirio acuático en la presa Endhó*. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/semarnat-informa-un-avance-del-50-en-el-retiro-de-lirio-acuatico-en-la-presa-endho>

» SEMARNAT. (2024). Estudio técnico justificativo (ETJ) para declarar zona de restauración ecológica el área de influencia de la presa Endhó.

**Raíces, microbios y agua: la alianza viva de los humedales artificiales**

» CONAGUA. (2015). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*. SEMARNAT. <https://www.gob.mx/conagua>

» EPA. (2004). *Constructed treatment wetlands factsheet*. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/wetlands/constructed-wetlands>

» IPCC. (2014). *2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands* (Chapter 6: Constructed wetlands for wastewater treatment). IPCC Task Force on National Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>

» Marín-Muñiz, J. L., Sandoval-Herazo, L. C., López-Méndez, M. C., Sandoval-Herazo, M., Meléndez-Armenta, R. Á., González-Moreno, H. R., & Zamora, S. (2023). Treatment wetlands in Mexico for control of wastewater contaminants: A review of experiences during the last twenty-two years. *Processes*, 11(2), 359. <https://doi.org/10.3390/pr11020359>

» Pandiarajan, S., & Sankararajan, V. (2025). A review of advanced solutions in constructed wetlands for sustainable wastewater management. *Physics of Fluids*, 37(1), 011303. <https://doi.org/10.1063/5.0244570>

» UNU-INWEH. (2023). *Global wastewater status: Country-level estimates of wastewater production, collection, treatment and reuse*. United Nations University. <https://unu.edu/inweh/tools-and-resources/global-wastewater-status>

» UN-Water. (2024). *Progress on wastewater treatment – 2024 update*. United Nations. <https://www.unwater.org/publications/progress-wastewater-treatment-2024-update>

» Gutiérrez-Jaber, I. (2023). Tech wisdom in nature: Constructed wetlands for clean water. TecScience, Tecnológico de Monterrey. <https://tecscience.tec.mx/en/tech/constructed-wetland/>

**RAEE: la mina que ya existe**

» Anderson, C. G., & Cui, H. (2021). Advances in Mineral Processing and Hydrometallurgy. *Metals*, 11(9), 1393. <https://doi.org/10.3390/met11091393>

» U.S. Geological Survey. (2024). *Mineral commodity summaries 2024* (pp. 64–65). U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/mcs2024>

» SEDEMA. (s. f.). *Residuos de manejo especial y voluminosos. Inventario de Residuos Sólidos de la CDMX*.

- » <http://data.sedema.cdmx.gob.mx:8081/residuos/index.php/tipos-de-residuos/residuos-de-manejo-especial-y-voluminosos>

#### Breves notas sobre el arte como fundamento de la educación politécnica

- » Calvillo, M. y Ramírez, L.R. (2012). *Setenta y cinco años del IPN de poner la técnica al servicio de la patria*. Instituto Politécnico Nacional.
- » Cruz González, J. A., y Leyva Cortés, S. (2026). La innovación de materiales en la pintura mural: el IPN como laboratorio de la técnica artística. *Brújula Verde*, (6), 44-47. <https://www.ipn.mx/assets/files/sustentabilidad/docs/revista/2026-rev-bv-6aed.pdf>.
- » García Canclini, N. (1999). Los usos sociales del patrimonio cultural. En E. Aguilar Criado (Coord.), *Patrimonio etnológico: nuevas perspectivas de estudio* (pp. 16-33). Consejería de Cultura, Junta de Andalucía
- » González Calderón, S.T. (2016). *Por una arquitectura propia: La arquitectura neocolonial en el proyecto arquitectónico educativo de la Secretaría de Educación Pública 1921-1924*. [Tesis de Doctorado]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- » Gutiérrez Fuentes, D. (2008). Centenario del nacimiento de Antonio Rodríguez. *Cauce*, (9), 8. <https://cauce.xoc.uam.mx/archivos/2023/01/Diciembre-2008.pdf>
- » Moraga Valle, F. (2016). Las ideas pedagógicas de Tolstoi y Tagore en el proyecto vasconcelista de educación, 1921-1964. *Historia mexicana*, 65(3), 1341-1404. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-65312016000301341&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-65312016000301341&lng=es&tlng=es).
- » Radio Educación. (diciembre, 1988). *En Los andamios de la creación* [Programa de radio]. <https://catalogoradioeducacion.cultura.gob.mx/programas/antonio-rodriguez/>
- » Valencia Flores, A. O., & Robles Colina, M. Á. (2021). El muralismo en el Instituto Politécnico Nacional: Ciencia, técnica y revolución en la construcción de un imaginario institucional. *Innovación Educativa*, 21(87), 77-91. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-26732021000300077](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732021000300077)

# ¿Sabías que...?

El cuerno del escarabajo *Phanaeus demon* lo utiliza para enfrentarse a otros machos y defender su territorio...

... sus patas delanteras realizan una tarea mucho más importante para la vida: enterrar materia orgánica que posteriormente se transformará en nutrientes para el suelo.



*Phanaeus demon*

