

AGUA

ISSN # 3007-860

EDICIÓN #16

VF

HIDRÁULICA

**+20
AÑOS
DE EXPERIENCIA**

| 22 DE MARZO: DÍA MUNDIAL DEL AGUA

| “DONDE EL AGUA FLUYE, CRECE LA IGUALDAD”

| TEZONTEPEC DE ALDAMA SE UNE AL FUTURO DEL AGUA

| DESALACIÓN EN MÉXICO Y AMÉRICA LATINA

| CUANDO LOS RÍOS SE SECAN

 WWW.VFHIDRÁULICA.COM

CONTÁCTANOS





XXXIV CONGRESO

Centroamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **AIDIS 2026**

**Centroamérica frente al cambio climático:
Resiliencia en agua, saneamiento y residuos.**

Calendario AIDIS 2026

En el año 2026 se realizarán varios eventos importantes en AIDIS Interamericana, uno de ellos, el XXXIV Congreso Centroamericano a llevarse a cabo en Tegucigalpa, Honduras del 20 al 23 de mayo de 2026 y el XL Congreso Interamericano, a celebrarse en Ciudad Guatemala, Guatemala del 22 al 25 de noviembre de 2026

Del 20 al 23 de mayo, 2026, UNAH, Tegucigalpa, Honduras





40° Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS 2026



Resiliencia, equidad e innovación

22 al 25



Noviembre **2026**

Ciudad de
Guatemala

Organiza





Larga
vida útil



Totalmente
reciclable



Eficiente
energéticamente



Tuberías
TOM



Conexiones
FITTOM

Comprometidos con el **entorno**,
comprometidos con el **agua**.

www.molecor.com

mexico.info@molecor.com

En la edición anterior, vimos que el primer paso para un plan estratégico de capacitación es fundamental iniciar un análisis de los resultados del año anterior, identificar los proyectos nuevos, considerar el presupuesto destinado y las prioridades del negocio.

El siguiente paso es diseñar las propuestas de capacitación. En función de las necesidades de capacitación detectadas, es preciso que el equipo de Diseño Instruccional proponga el diseño mejor orientado a lograr el objetivo de aprendizaje.

¿Qué habilidades se deben desarrollar?

¿Cuáles plataformas tenemos para llegar a la audiencia?

¿Cuándo se deben llevar a cabo las capacitaciones?

sabías que...

es importante que cada propuesta de diseño sea revisada y aprobada por el Stakeholder solicitante. La preparación de cada presentación ayudará a que dicha revisión sea oportuna y puntal.

Contáctanos:



La propuesta de diseño reúne todos los elementos necesarios para delimitar el alcance del objetivo de aprendizaje, la población participante, el tiempo a alcanzar el objetivo, el medio de capacitación y el indicador del aprendizaje.

recuerda que...

la comunicación y colaboración con el equipo de Diseño Gráfico es indispensable para garantizar que la propuesta e implementación sean efectivas en las plataformas disponibles.

¿Conoces la taxonomía de Bloom?

¿Se tratará de un contenido on demand, virtual o presencial?

¿Cómo medirás que tu propuesta de capacitación es efectiva?

Esto y más te apoyamos para diseñar un plan estratégico de capacitación para este 2026.

Contáctanos:

revistaagua@outlook.com



Nota del editor

El liderazgo del agua en tiempos de decisiones estructurales

Marzo nos encuentra, una vez más, frente a una verdad ineludible: el agua dejó de ser un tema sectorial para convertirse en el eje transversal del desarrollo, la salud pública, la estabilidad social y la competitividad económica de América Latina.

La edición #16 de Revista Agua no es una recopilación de proyectos; es una radiografía del momento histórico que vive la gestión hídrica regional.

Desde México, donde la desalinizadora de Playas de Rosarito –una inversión de US\$ 840 millones– redefine la escala de las soluciones para ciudades costeras en estrés hídrico, hasta Argentina y Colombia, donde el saneamiento y la transición energética comienzan a hablar el mismo idioma, esta edición confirma que la infraestructura del agua ya no puede diseñarse con la lógica del siglo pasado.

El agua potable, el saneamiento y la energía están convergiendo.

En Mendoza se da un salto tecnológico en tratamiento de aguas residuales. En Bogotá, la PTAP El Dorado avanza en su transición energética con un parque fotovoltaico que simboliza una nueva generación de plantas: más eficientes, más resilientes y menos dependientes de fuentes fósiles.

Pero no todo es infraestructura. También hablamos de decisiones.

La desalación crece en México y América Latina, pero no sin límites. ¿Hasta dónde es sostenible? ¿Cuáles son los costos ambien-

tes, energéticos y sociales? La región necesita debate técnico serio, basado en datos y planificación a largo plazo.

En la sección de Nuevas Tendencias Tecnológicas, exploramos innovaciones que hace apenas una década parecían ciencia ficción: recuperar calor del alcantarillado para convertirlo en energía, sustituir el plástico de las botellas con biomateriales derivados de hongos, o combatir el biofilm invisible que compromete la calidad en piletas y griferías.

El agua ya no es solo un insumo. Es infraestructura crítica. Es energía. Es salud. Es gobernanza.

En el capítulo institucional abordamos un tema incómodo pero necesario: ¿por qué millones de personas en América Latina no pagan el agua potable? La sostenibilidad financiera de los sistemas no es un debate técnico; es un debate político, cultural y estructural.

También ponemos el foco en el capital humano: ninguna planta de tratamiento funciona sin equipos capacitados, motivados y bien gestionados. La tecnología puede comprarse; la gestión del talento debe construirse.

Desde la perspectiva de recursos hídricos, esta edición muestra el contraste global: mientras California celebra nuevas disponibilidades en tiempos de incertidumbre climática, en otras regiones del mundo los ríos se secan y las tierras raras contaminan cuencas enteras en Asia. La crisis hídrica tiene una nueva geografía.

Y como no podría faltar en el mes del Día Mundial del Agua, dedicamos espacio a la dimensión cultural. Tonantzin, en la cosmovisión mexicana, nos recuerda que el agua no es únicamente un recurso físico; es símbolo de vida, fertilidad y equilibrio.

En esta edición reafirmamos algo que hemos sostenido desde el primer número de Revista Agua: el sector necesita visión estratégica, innovación tecnológica y liderazgo con inteligencia emocional.

Porque dirigir sistemas de agua en 2026 no es solo cuestión de ingeniería. Es cuestión de carácter, ética y capacidad para tomar decisiones difíciles con claridad y transparencia.

América Latina está en una etapa decisiva. Las inversiones son mayores. Las presiones climáticas también. La ciudadanía exige resultados.

El agua ya no espera.

EQUIPO EDITORIAL

Director y Editor: revistaagua@outlook.com
 Cel. (505) 8855 0144
 Socio profesionalista Folio 227P-2025 de la Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental (AMICA)- Capítulo mexicano de AIDIS Internacional

Diagramación: allan.herrera@prixup.com
 Lic. Allan Herrera Cel. (505) 8553 6823

Editor página web: allan.herrera@prixup.com
 Lic. Allan Herrera. Cel. (505) 8553 6823

COLABORADORES

Darner Mora, Costa Rica - Alma Rivero Project Manager AQUOLIBER, México

Diana Paola Aristizábal, Colombia - Olesya Orletska, Argentina

Patrocinadores de esta Edición:



Foto de la Portada

Planta de Potabilización Mozonte, Ocotlán.
 Instalada en agosto 2014 - Rehabilitado totalmente en noviembre 2025.
 Población urbana atendida : 2,853 habitantes con capacidad de ampliación a 3500 personas

A todos, muchas gracias por su esfuerzo y apoyo.

Registro de Propiedad Intelectual MIFIC: OL-1103-2025
 Registro en la International Standard Serial Number: ISSN # 3007-860

ÍNDICE

MAR.
2026

**CONGRESO
CENTROAMERICANO
DE AIDIS EN HONDURAS:
MAYO 2026**



10



**MÉXICO IMPULSA
EL MAYOR PROYECTO
DE AGUA POTABLE**

**TEZONTEPEC DE
ALMADA SE UNE AL
FUTURO DEL AGUA**



18

37



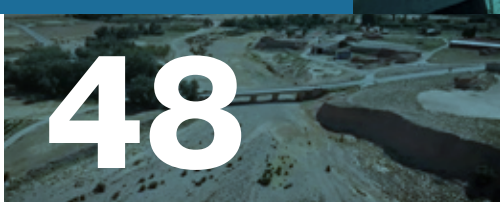
**BIOFILM INVISIBLE: EL
ENEMIGO SILENCIOSO
EN PILETAS Y GRIFERÍAS**

**¿POR QUÉ HAY
PERSONAS QUE NO
PAGAN EL AGUA
POTABLE EN AMÉRICA
LATINA?**



39

48

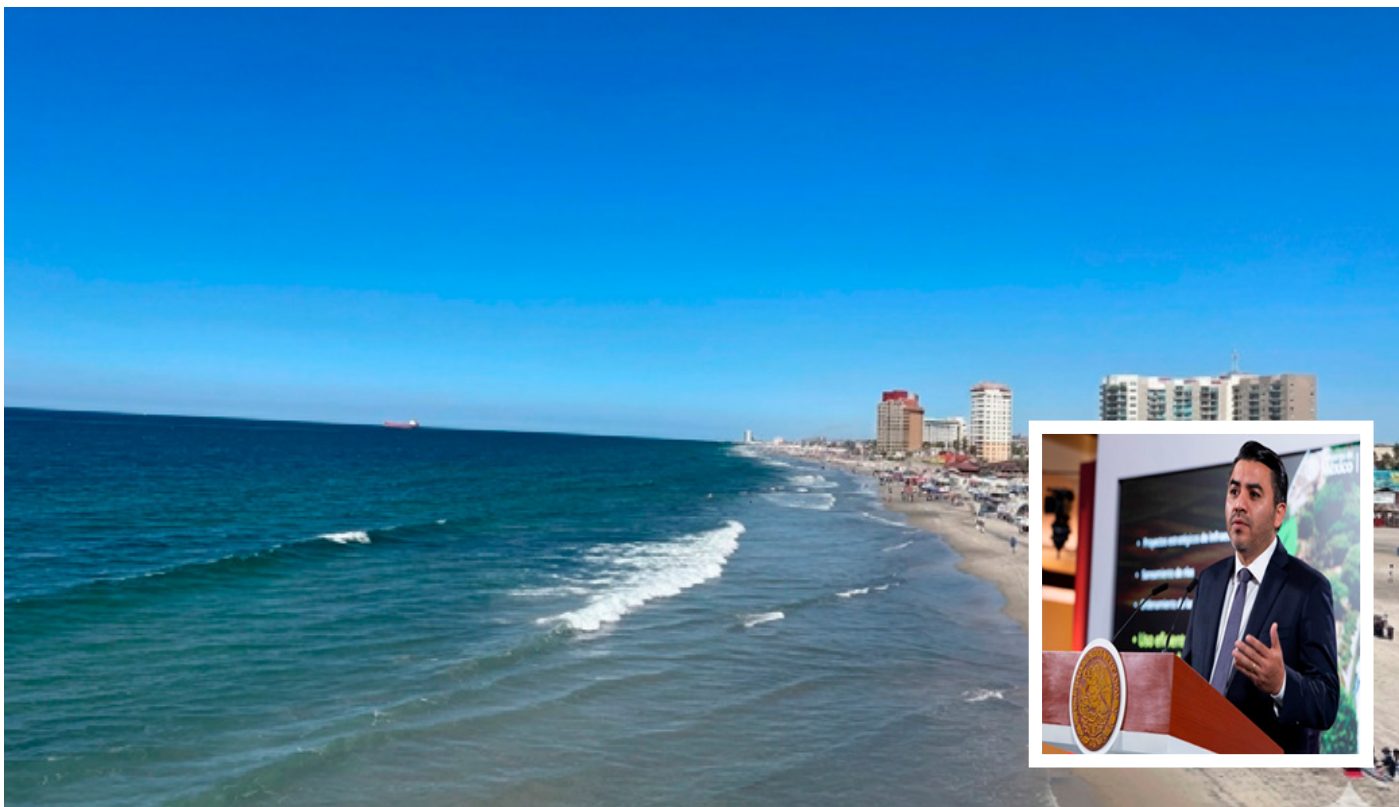


**CUANDO LOS RÍOS
SE SECAN: LA NUEVA
GEOGRAFÍA GLOBAL
DE LA CRISIS HÍDRICA**

AGUA

REVISTA DIGITAL

MÉXICO IMPULSA EL MAYOR PROYECTO DE AGUA POTABLE DE SU HISTORIA RECIENTE: LA DESALINIZADORA DE PLAYAS DE ROSARITO



México dará un paso decisivo en materia de seguridad hídrica con el inicio de la construcción de la planta desalinizadora de Playas de Rosarito, en el estado de Baja California, considerada ya como el proyecto de agua potable más grande y moderno de América Latina. La obra, con una inversión total estimada en US\$840 millones, comenzará a construirse a finales de marzo de 2026 y forma parte del Plan Nacional del Agua, según informó BN Américas en una nota publicada el 2 de febrero de 2026.

Una inversión estratégica para una región en estrés hídrico

De acuerdo con la información difundida por BN Américas, el financiamiento del proyecto combina recursos federales y estatales. La inversión federal asciende a 10.000 millones de pesos, mientras que el aporte conjunto con el estado supera los 14.600 millones de pesos, equivalentes a los US\$840 millones.

El director general de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), Efraín Morales, detalló que la planta tendrá una capacidad de producción de 2.200 litros por segundo, lo que permitirá incrementar hasta en un 45% la disponibilidad de agua potable para las ciudades de Tijuana y Playas de Rosarito.

Conagua será responsable de la construcción de la planta, mientras que el gobierno estatal ejecutará las obras complementarias necesarias para la distribución del agua desalada. Según el cronograma oficial, el proyecto se completará en 2029.

Desalinización, riego y saneamiento: un paquete integral

La desalinizadora de Rosarito no es una obra aislada. Forma parte de un paquete integral de inversiones en infraestructura hidráulica para Baja California. Entre los proyectos asociados destaca la modernización

del Distrito de Riego 014 Río Colorado, que recibirá 5.000 millones de pesos para intervenir más de 10.000 hectáreas agrícolas, con el objetivo de recuperar hasta un 30% del agua utilizada, una parte de la cual se destinará al consumo humano. Este programa se prevé concluir en 2028 .

En el ámbito del saneamiento, el gobierno federal avanza en la recuperación del río Tijuana, mediante la construcción de colectores, estaciones de bombeo y el fortalecimiento de las plantas de tratamiento Arturo Herrera y La Morita, con una inversión de 1.700 millones de pesos y finalización estimada en 2027. Estas acciones se suman a la reciente puesta en marcha de la planta de tratamiento San Antonio de los Buenos .

Continuidad política y respaldo federal

El proyecto de Rosarito cuenta con respaldo político al más alto nivel. La reactivación de la desalinizadora fue confirmada en noviembre de 2024 por la presidenta Claudia Sheinbaum, después de que la iniciativa hubiera sido cancelada en 2020 y posteriormente retomada por la gobernadora Marina del Pilar, tras el cierre de un arbitraje internacional en 2024 .

Además, mediante el Fondo de Infraestructura Social (FAIS), Baja California destinó 340 millones de pesos en 2025 a 122 proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento en los siete municipios del estado, estrategia que continuará en 2026 con énfasis en zonas de mayor rezago .

Un hito para la seguridad hídrica de México

Con una inversión total que supera los 16.700 millones de pesos en infraestructura hidráulica estatal y federal, Baja California se perfila como uno de los principales laboratorios de soluciones frente a la escasez de agua en México. La planta desalinizadora de Playas de Rosarito no solo representa una respuesta inmediata a la presión sobre las fuentes tradicionales, sino también un cambio estructural en el modelo de abastecimiento urbano en regiones áridas y semiáridas del país.





UN SALTO TECNOLÓGICO EN EL SANEAMIENTO DE MENDOZA, ARGENTINA

LA PROVINCIA DE MENDOZA AVANZA DE MANERA DECISIVA HACIA **UNA NUEVA ETAPA EN LA GESTIÓN DEL AGUA Y EL SANEAMIENTO**, INCORPORANDO TECNOLOGÍAS MODERNAS Y CRITERIOS DE EFICIENCIA QUE MARCAN UN PUNTO DE INFLEXIÓN EN LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA REGIONAL. ASÍ LO DESTACA LA **ASOCIACIÓN INTERAMERICANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL** CAPÍTULO ARGENTINA, A TRAVÉS DE SU REVISTA **INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**, EN UN ANÁLISIS DEDICADO A LOS RECIENTES AVANCES TECNOLÓGICOS IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA MENDOCINO.

Modernización con visión de largo plazo

De acuerdo con la publicación especializada de AIDIS Argentina, el proceso que vive Mendoza no se limita a la ampliación de obras físicas, sino que representa un cambio estructural en el modelo de operación y gestión del saneamiento. La incorporación de nuevas tecnologías permite optimizar el tratamiento de las aguas residuales, mejorar la confiabilidad de los sistemas y reducir impactos ambientales, en un contexto marcado por la escasez hídrica y el crecimiento urbano sostenido. La situación global: avances importantes pero insuficientes

El documento subraya que este "salto tecnológico" responde a la necesidad de maximizar cada metro cúbico de agua disponible, fortaleciendo los procesos de depuración y abriendo oportunidades para el reúso, en línea con las tendencias internacionales de economía circular aplicadas al sector hídrico.



Tecnología al servicio de la eficiencia ambiental

Según la Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental, las nuevas soluciones implementadas en Mendoza integran automatización, control de procesos y criterios de eficiencia energética, lo que permite un funcionamiento más estable de las plantas y una reducción significativa de costos operativos en el mediano y largo plazo .

Estos avances se traducen en una mejor calidad del efluente tratado, con beneficios directos para los cuerpos receptores y para la salud pública. La revista destaca que el fortalecimiento tecnológico del sistema sanitario es clave para cumplir con normativas ambientales más exigentes y para anticiparse a escenarios futuros de mayor presión sobre los recursos hídricos.

Gestión del agua en un territorio árido

El caso de Mendoza adquiere especial relevancia por tratarse de una provincia con condiciones climáticas áridas, donde el agua es un recurso estratégico para el desarrollo económico y social. En este contexto, AIDIS Argentina resalta que la modernización del saneamiento se convierte en un componente central de la seguridad hídrica, al reducir la contaminación, proteger las fuentes disponibles y permitir un uso más inteligente del recurso .

La experiencia mendocina muestra cómo la ingeniería sanitaria puede adaptarse a realidades complejas mediante soluciones tecnológicas robustas, planificación técnica y fortalecimiento institucional.

Un modelo con proyección regional

El artículo de la Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental plantea que los avances logrados en Mendoza constituyen un referente para otras ciudades y regiones de América Latina, especialmente aquellas que enfrentan estrés hídrico y limitaciones presupuestarias. La combinación de tecnología, gestión eficiente y visión de largo plazo ofrece lecciones valiosas para el diseño de políticas públicas en agua y saneamiento .

Más allá de la infraestructura, el verdadero salto tecnológico –concluye la publicación– reside en la capacidad de pensar el saneamiento como parte integral del ciclo del agua, articulando tratamiento, reúso y protección ambiental bajo un enfoque sostenible.

PTAP EL DORADO ENCIENDE SU TRANSICIÓN ENERGÉTICA: ASÍ SE IMPLEMENTÓ Y CÓMO SE EVALÚA EL PARQUE FOTOVOLTAICO DE LA EAAB-ESP EN COLOMBIA



La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) **El Dorado**, clave para el abastecimiento del sur de Bogotá, Colombia, puso en marcha el **primer sistema de energía fotovoltaica a gran escala** de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP). La apuesta busca reducir costos, recortar emisiones y, sobre todo, **blindar la operación ante fallas energéticas** que puedan comprometer la continuidad del servicio, según el medio bogota.gov.com. en su edición de julio 2025.

La obra: 1.600 paneles, 850 kW y 15 meses de ejecución

Según la información divulgada en ese mes, el proyecto fue instalado con **1.600 paneles solares**, con una **capacidad de 850 kW**, y requirió un tiempo de obra de 15 meses. La inversión reportada fue de aproximadamente **\$6.750 millones de pesos colombianos**.

La EAAB-ESP indicó que el sistema está diseñado para **cubrir la demanda energética de la PTAP El Dorado** y que, además, **mitigará alrededor de 1.000 toneladas de CO₂ al año**. (bogota.gov.co)

¿Por qué El Dorado? Una planta estratégica para la seguridad hídrica del sur

La PTAP El Dorado está ubicada en la **vereda El Uval**, en la salida Bogotá-Villavicencio, y es señalada como **la tercera planta más grande de la ciudad y la principal del sistema sur de abastecimiento**. En términos de impacto social, se reporta que contribuye al suministro para más de 415.000 habitantes de la localidad de Usme.

Desde la perspectiva operativa, el parque solar cumple un rol crítico: aumenta la resiliencia del sistema de potabilización, al reducir su vulnerabilidad ante apagones o contingencias en la red eléctrica.



Su evaluación

La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) El Dorado es uno de los eslabones estratégicos del sistema de abastecimiento del sur de Bogotá y se consolida como **referente de transición energética en el sector hídrico colombiano**. Así lo expone el artículo técnico "Evaluación del Parque Fotovoltaico PTAP El Dorado", publicado en la **Revista ACODAL No. 265 (diciembre de 2025)**, donde se documentan los resultados del desempeño inicial del sistema solar instalado en la planta.

El análisis fue elaborado por **ingenieros de la Dirección de Ingeniería Especializada de la Gerencia de Tecnología de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP)**, quienes presentan una evaluación integral del proyecto desde el punto de vista técnico, operativo y energético.

De la innovación al balance operativo

De acuerdo con el documento de ACODAL, el parque fotovoltaico de la PTAP El Dorado fue concebido como una **solución para reducir la dependencia de la red eléctrica convencional**, mitigar costos operativos y fortalecer la continuidad del servicio ante eventuales contingencias energéticas. La evaluación técnica muestra que la integración del sistema solar a la operación de la planta se realizó **sin afectar la confiabilidad del proceso de potabilización**, uno de los aspectos críticos señalados por los ingenieros responsables.

"El principal reto fue asegurar que la generación fotovoltaica se acoplara de forma segura y estable a un proceso que no admite interrupciones", destacan los profesionales de la Dirección de Ingeniería Especializada citados en la revista.

Indicadores clave bajo la lupa

El artículo detalla que la evaluación del parque fotovoltaico se apoyó en **indicadores de desempeño energético**, entre ellos la generación efectiva de energía, el comportamiento del sistema frente a la variabilidad solar y su contribución real a la demanda eléctrica de la planta. Los ingenieros de la Gerencia de Tecnología subrayan que estos indicadores permiten **pasar del discurso de sostenibilidad a resultados medibles**, fundamentales para justificar futuras ampliaciones del modelo.

Además, la experiencia en El Dorado aporta información valiosa sobre **mantenimiento, operación y monitoreo**, aspectos que suelen subestimarse en proyectos de energías renovables dentro de infraestructuras críticas de agua potable.

Energía solar como parte de la seguridad hídrica

Más allá del ahorro energético, el documento enfatiza que el parque fotovoltaico fortalece la resiliencia del sistema de abastecimiento, al disminuir la vulnerabilidad frente a fallas externas de suministro eléctrico. En un contexto de cambio climático y mayor presión sobre los servicios públicos, los ingenieros de la EAAB-ESP sostienen que la energía se convierte en un componente central de la seguridad hídrica, no solo en un complemento ambiental .

Un modelo replicable para el sector

La evaluación presentada en la Revista ACODAL concluye que la experiencia de la PTAP El Dorado ofrece lecciones replicables para otras plantas de tratamiento del país y de la región. La combinación de análisis técnico, seguimiento de indicadores y enfoque preventivo permite sentar bases sólidas para nuevas inversiones en energías renovables dentro del sector de agua y saneamiento.

“Este tipo de proyectos demuestra que la ingeniería sanitaria y la transición energética pueden avanzar de la mano, siempre que se sustenten en evaluación rigurosa y gestión técnica especializada”, señalan los ingenieros de la Dirección de Ingeniería Especializada de la EAAB-ESP citados en la publicación .



The logo for VF Hidráulica, featuring a stylized white 'V' and 'F' with a drop shape integrated into the 'V'.

HIDRÁULICA

VALVULA DE AIRE

A.R.I.

APLICACIONES

- Estaciones de Bombeo
- Líneas de conducción en pendiente
- Fin de Línea
- Sistemas de Filtro
- Sistemas Residenciales

CONTÁCTANOS



WWW.VFHIDRÁULICA.COM

TEZONTEPEC DE ALDAMA SE UNE AL FUTURO DEL AGUA



La modernización de las redes hidráulicas llega al Estado de Hidalgo, concretamente a la localidad de Tezontepec de Aldama, y lo hace con una red de 4,000 metros que ya suministra agua potable a siete comunidades.

La novedad se encuentra en la utilización de **tuberías de PVC-O Clase 500 TOM® de Molecor México**, con las que el organismo busca crear una red robusta y duradera que garantice el servicio público a los hogares.

Para la ejecución del proyecto se utilizaron piezas con un **Diámetro Nominal de 630 mm (24.8")**, capaces de transportar **más de 600 litros por segundo**, lo que significa que se podrían llenar **21 piscinas olímpicas** en un día.

La fácil instalación y la resistencia al golpe de ariete han sido algunas de las características por las que se ha optado por esta solución, permitiendo que la red funcione más allá de los 50 años.



Más allá de la durabilidad, la implementación de la tecnología de **PVC-O Clase 500** representa un avance significativo en la optimización de recursos energéticos. Gracias a la **mayor capacidad hidráulica** y a la rugosidad interna casi inexistente de estas tuberías, se reduce drásticamente la pérdida de carga por fricción. Esto permite que las estaciones de bombeo operen con una menor demanda de energía, disminuyendo la huella de carbono de la infraestructura y asegurando que cada litro de agua sea transportado de la manera más eficiente y ecológica posible.

Al minimizar las fugas y averías, el organismo operador **garantiza un suministro constante y de calidad**. Esta modernización posiciona al municipio como un referente en Hidalgo, demostrando que la inversión en tecnología de vanguardia es el camino más corto para resolver los desafíos históricos de abastecimiento y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.



DESALACIÓN EN MÉXICO Y LATINOAMÉRICA: CRECIMIENTO, LÍMITES Y DECISIONES PENDIENTES



Por Alma Rivero Project Manager AQUOLIBER

Resumen y palabras clave:

Este artículo presenta una perspectiva del estado actual de la desalación a nivel mundial, Latinoamérica y mostrando la posición de México dentro de este panorama. Más que discutir la viabilidad de la tecnología, el objetivo es ordenar la información disponible para entender en qué etapa de desarrollo se encuentra el país frente a la tendencia global y regional, así como los retos necesarios para consolidar su desempeño dentro de un contexto de estrés hídrico estructural.

Los puntos clave a abarcar son.

1. Estado actual de la desalinización en México dentro del contexto mundial, con especial énfasis como parte de Latinoamérica, en términos de capacidad total, porcentaje por tecnología y principales sectores de aprovechamiento.
2. Factores por considerar, explotar y mejorar para que la desalinización en México logre convertirse en una solución sostenible que aporte a la estrategia para mitigar el estrés hídrico.

El estrés hídrico ya no es una advertencia futura; es una realidad en 2026. En Latinoamérica, la desalación ha pasado de ser una tecnología alternativa para convertirse en la posible columna vertebral de la seguridad hídrica en algunas regiones, pero ¿cuál es la radiografía real hoy en día?

[#Desalación](#)[#TratamientoDeAgua](#)[#AguaEnMéxico](#)[#GestiónDelAgua](#)[#EficienciaEnergética](#)

Metodología

Este análisis se construyó a partir de información pública y reportes técnicos del sector de desalación a nivel global y regional. Se consideraron inventarios oficiales de plantas desalinizadoras en México, datos sobre sequía y disponibilidad hídrica publicados por CONAGUA, así como reportes internacionales sobre capacidad instalada, tecnologías predominantes y desempeño energético.

La información se organizó en tres niveles: global, Latinoamérica y México, para tener una idea clara de dónde estamos hoy y así ubicar el nivel de desarrollo del país frente a la tendencia mundial.

La desalación en el contexto actual

El estrés hídrico pasó de ser una proyección climática y se ha convertido en una situación cotidiana. Actualmente diversos sectores en Latinoamérica y de forma puntual en México toman decisiones bajo escenarios de escasez estructural, no de abundancia intermitente.

El monitoreo en México reportado por CONAGUA confirma condiciones de sequía recurrentes en distintas regiones del país. La desalación ha pasado de ser una tecnología alternativa para convertirse en la posible columna vertebral de la seguridad hídrica en algunas regiones. Sin embargo, gran parte del debate regional aún se centra en preguntas parciales: si la desalación es cara o no y qué tan consolidada está su operación.

Radiografía global y regional de la desalación

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, más del 60 % de los ecosistemas acuáticos del mundo se encuentran en estado crítico o de peligro, siendo la sobre extracción para usos urbanos e industriales uno de los principales factores.

A nivel mundial la desalación ha crecido de forma sostenida durante la última década.

En 2022 se registraron más de 21,000 plantas desalinizadoras en operación en 177 países, prácticamente el doble que diez años atrás. La capacidad instalada global alcanza aproximadamente 97.4 millones de $m^3/día$, con una capacidad contratada acumulada superior a los 104.7 millones de $m^3/día$.

Latinoamérica cuenta con una capacidad instalada cercana a los 2.5 millones de $m^3/día$, con un crecimiento compuesto anual del orden del 8 % en los últimos cinco años.

Chile lidera el desarrollo regional, impulsado casi exclusivamente por la minería en el desierto de Atacama. Perú y Brasil emergen con proyectos asociados a agroindustria y polos urbanos costeros.

México ha consolidado una capacidad instalada cercana a los 750,000 $m^3/día$, posicionándose como el segundo mercado más relevante de la región, con un cambio claro desde aplicaciones turísticas hacia proyectos municipales e industriales de mayor escala en Baja California y Baja California Sur.



Distribución estimada de la capacidad mundial instalada [millones m3/d]

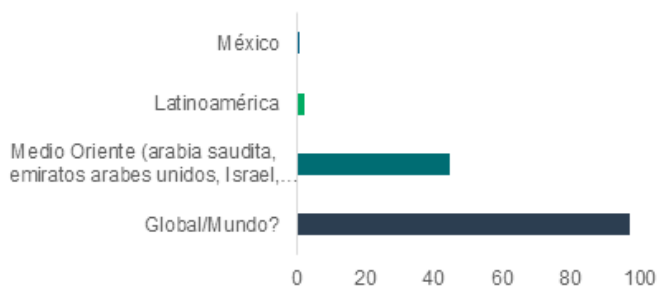


Figura 1. Distribución estimada de la capacidad instalada global de desalación por región¹.

Si bien en México existe una creciente tendencia por el aprovechamiento de los recursos, de acuerdo con el Inventario de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, en México existen 435 plantas desalinizadoras distribuidas en 320 ubicaciones, pero aproximadamente el 32 % se encuentra fuera de operación, principalmente por fallas de operación, falta de personal capacitado, carencia de asistencia técnica y altos costos de refacciones. Este dato no describe un problema tecnológico aislado, sino el nivel de consolidación del mercado: la instalación de capacidad ha avanzado más rápido que su madurez operativa.

Más relevante que el número de plantas instaladas es cuántas operan de manera sostenida.

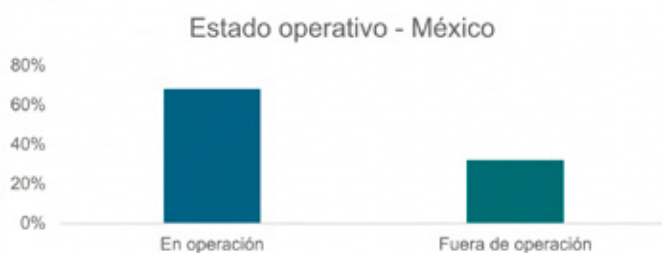


Figura 2. Estado operativo de las plantas desalinizadoras en México².

¹La capacidad regional se estimó mediante la agregación de capacidades instaladas por país reportadas. Asia y Europa deberían de corresponder la mitad de la capacidad instalada restante. Los valores presentados permiten una comparación relativa entre regiones y no representan cifras oficiales consolidadas publicadas como totales regionales únicos

²Clasificación basada en el inventario y evaluación de plantas desalinizadoras realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

³La distribución presentada corresponde al análisis del inventario nacional de plantas desalinizadoras, considerando su clasificación por sector de uso (turístico, municipal e industrial). Los porcentajes se derivan de la consideración del número de sistemas instalados y no la capacidad instalada asociada a cada sector. A pesar del intervalo temporal entre las fuentes consultadas, la tendencia de distribución por sector de uso se ha mantenido consistente, de acuerdo con actualizaciones recientes del inventario nacional

La distribución tecnológica se presenta a nivel regional, lo que no implica que todas las tecnologías estén representadas de forma homogénea en cada país, aunque se podría considerar como una tendencia clara.

Quién usa el agua desalada y por qué crece su demanda

En Latinoamérica, el uso del agua desalada se concentra principalmente en:

- Minería e industria pesada: ~40 %
- Consumo humano municipal: ~35 %
- Industria energética: ~25 %

Este patrón refleja la fuerte dependencia de sectores que no pueden asumir interrupciones operativas. En México, el perfil es distinto, del total de plantas identificadas, se distribuyen en el siguiente orden de proporción: uso turístico, municipal e industrial.

Distribución de uso

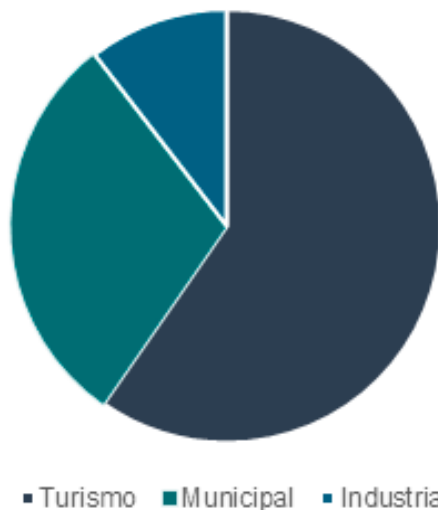


Figura 3. Distribución de los principales usos del agua desalada en México³.

Esta distribución evidencia una fragmentación significativa del mercado mexicano y un amplio margen para consolidar infraestructura de mayor escala orientada a seguridad hídrica urbana e industrial.

Tecnología de desalación: ósmosis inversa y más allá

La desalación moderna está dominada por tecnologías basadas en membranas. A nivel global representan más del 95 % de la capacidad contratada.

En Latinoamérica y México la ósmosis inversa está presente en más del 90 % de las nuevas plantas desalinizadoras.

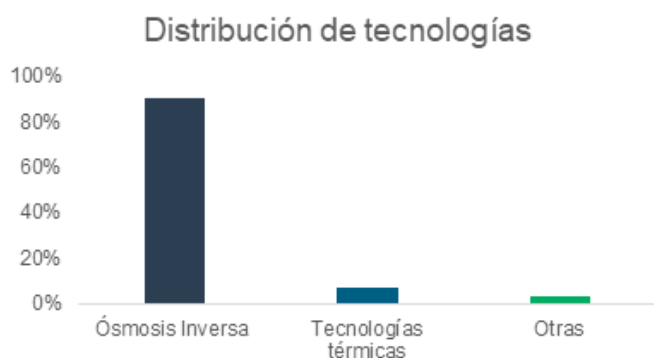


Figura 4. Distribución de las tecnologías de desalación en operación en Latinoamérica⁴

Consumo Energético

Referente a los consumos energéticos de la tecnología dominante, se ha reportado que proyectos optimizados a nivel mundial presentan consumos específicos del orden de 2.0 a 2.8 kWh/m³, diversos estudios técnicos y reportes operativos indican que el consumo energético real se sitúa alrededor de 3 kWh/m³, con rangos que pueden extenderse entre 2.5 y 4.0 kWh/m³ dependiendo de factores como la calidad del agua de alimentación, el pretratamiento, la eficiencia de los sistemas de recuperación de energía y las condiciones reales de operación.

En el contexto latinoamericano, y particularmente en México, son frecuentes valores del orden de 3.0 a 3.7

kWh/m³, lo que evidencia una brecha entre el desempeño teórico y el

desempeño real de los sistemas, reforzando la importancia de una adecuada caracterización del agua, un diseño cuidadoso y una operación técnicamente robusta.

Tabla 1. Consumo energético

Tipo de referencia	Consumo energético (kWh/m ³)	Contexto operativo
Benchmark tecnológico ⁵	2.0 - 2.8	Plantas modernas, gran escala, ERD eficientes, condiciones de diseño óptimas.
Promedio operativo reportado	~3.0	Plantas comerciales en operación estable.
Rango operativo real	2.5 - 4.0	Variabilidad por diseño, pretratamiento, salinidad y operación.
Casos regionales LATAM	3.0 - 3.7	Plantas medianas y pequeñas, operación intermitente.

Diagnóstico de fallas estructurales en México

Uno de los supuestos más extendidos en proyectos de desalación es que el agua de mar no requiere una caracterización detallada, bajo la premisa de que se trata de una fuente relativamente homogénea. Si bien existen manuales, bases de datos y guías técnicas ampliamente utilizadas, estos recursos representan, en el mejor de los casos, una aproximación inicial.

En la práctica, los cuerpos de agua son sistemas dinámicos, sujetos a variaciones estacionales, descargas industriales, actividad portuaria, escorrentías urbanas y cambios inducidos por la actividad humana. Tratar el agua de mar como una matriz estática, o asumir que "toda el agua de mar es igual", introduce un sesgo de diseño que termina manifestándose en problemas operativos: ensuciamiento prematuro, incrustaciones no previstas, mayor consumo energético y reducción de la vida útil de las membranas.

⁴La participación tecnológica presentada se basa en la consolidación de reportes globales y regionales sobre capacidad instalada y contratada de plantas desalinizadoras, con énfasis en el mercado latinoamericano. La información refleja la dominancia de la ósmosis inversa frente a tecnologías térmicas (MSF, MED) y otros procesos, de acuerdo con análisis sectoriales recientes.

Las tecnologías térmicas incluyen procesos de destilación multietapa (MSF) y destilación multiefecto (MED), con una participación marginal de sistemas de compresión de vapor.

El restante de aproximadamente 3%, Electrodialisis (ED / EDR) principalmente para aguas salobres, Nanofiltración (NF) en esquemas de reducción parcial de salinidad y/o Sistemas híbridos (OI + térmico, OI + ED)

⁵Benchmark tecnológico se utiliza para describir el desempeño energético alcanzable en plantas de ósmosis inversa bajo condiciones de diseño y operación óptimas, y no necesariamente representa el consumo energético promedio de un caso en particular.

Si bien hoy existen softwares avanzados de diseño hidráulico, modelación química, selección de antincrustantes y simulación de desempeño de sistemas de ósmosis inversa, la tecnología por sí sola no sustituye la caracterización adecuada ni la experiencia operativa acumulada. Como se muestra en la Figura 2, la estadística es clara, en México contamos con un número creciente de plantas instaladas, pero una fracción significativa de ellas se encuentra fuera de operación, lo que sugiere que el principal desafío no es tecnológico, sino conceptual y operativo.

Se requiere de mejores diagnósticos iniciales, filosofías de control robustas, programas de muestreo representativos y mecanismos efectivos de seguimiento y regulación, que

aseguren que los sistemas se diseñan y operan de acuerdo con la realidad específica de cada fuente de agua.

Diversos estudios señalan que en México existen cuerpos de agua con alta salinidad y elevado potencial de bioincrustación, lo que limita el desempeño de la OI cuando no se cuenta con caracterización adecuada, muestreo representativo y filosofías de control robustas. Más que la tecnología en sí, el desafío suele estar en la simplificación del diseño y la operación.

Mercado de la desalación en Latinoamérica y México: crecimiento y tendencias

Contrario a la percepción de estancamiento, la desalación se ha acelerado en los últimos cinco años. Entre 2021 y 2023 predominó la planificación y resiliencia post pandemia, sin embargo, a partir de 2024, la sequía extrema en el norte de México y la presión global por minerales estratégicos detonaron una fase intensiva de ejecución.

En la actualidad, se identifican alrededor de 30 proyectos de desalación en distintas etapas de desarrollo en Latinoamérica, con una inversión acumulada estimada del orden de 25 mil millones de dólares. Dentro de este portafolio regional, México concentra proyectos que superan los 4,500 millones de dólares, lo que lo posiciona como uno de los mercados con mayor dinamismo en términos de nueva capacidad proyectada. Asimismo, se estima que aproximadamente el 65

% de la capacidad instalada en la región corresponde a iniciativas de origen privado, desarrolladas principalmente bajo esquemas de asociación público-privada, como contratos Build Operate Transfer (BOT), así como proyectos de autoconsumo industrial, particularmente en sectores intensivos en uso de agua.

Conclusiones: el futuro de la desalación en México, aprendizajes y caminos por recorrer

La desalación en México no enfrenta un problema de viabilidad tecnológica. El desafío es operar bien, diseñar con datos y regular de forma activa. El crecimiento en capacidad instalada es real, pero no necesariamente sinónimo de madurez. Mientras una proporción significativa de las plantas existentes opere por debajo de su potencial o permanezca fuera de servicio, enfocarse únicamente en nuevas inversiones puede resultar insuficiente.

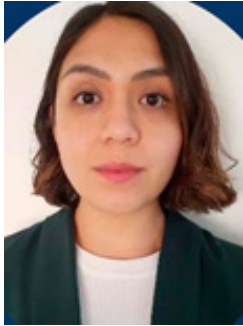
La integración con celdas solares y energías renovables será una palanca clave para reducir la huella energética y acelerar la adopción de la desalación. Sin embargo, la energía por sí sola no resolverá el problema. Se requiere buena asesoría desde el inicio de los proyectos, filosofías de control sólidas, muestreo adecuado y una autoridad que supervise de manera continua.

La discusión sobre eficiencia energética y nuevas fuentes de energía, como la integración con sistemas solares, solo puede ser productiva si previamente se corrigen

los errores estructurales de diseño, caracterización y operación que hoy limitan el desempeño y la credibilidad de la desalación en la región.

Desde un enfoque integral de la desalación, los aspectos operativos y energéticos deben analizarse de manera integral, sin dejar de lado las implicaciones ambientales. En ese sentido, la gestión de salmueras sigue siendo uno de los principales retos. A escala global, las plantas desalinizadoras descargan más de 142 millones de m³ diarios de salmuera hipersalina, con impactos potenciales sobre ecosistemas marinos si no se gestiona adecuadamente.

En una segunda entrega, se analizará el papel de la energía solar como catalizador del crecimiento de la desalación en México. Pero el mensaje central es claro desde ahora: la desalación no depende de milagros tecnológicos, sino de mejor ingeniería, mejor operación y una gobernanza más sólida.



Alma Rivero, Project Manager en AquoLiber Systems, ha participado en el diseño y gestión de proyectos de tratamiento de aguas: de pozo, aplicaciones industriales y potabilización, con énfasis en la operación y funcionamiento sostenido de las plantas.

Le interesa especialmente mejorar y optimizar los sistemas en condiciones reales, convencida de que cada agua presenta retos específicos y que no existen soluciones universales en tratamiento.

REFERENCIAS

ABILMAYO. (2020). Desalación en Latinoamérica. Disponible en línea: <https://img.interempresas.net/docs-futur/ABILMAYO2020-DESALACION-LATINOAMERICA.pdf>

ALADYR. (2025). El sector de la desalación en Latinoamérica. Disponible en línea: <https://agua.org.mx/aladyr-el-sector-de-la-desalacion-en-latinoamerica-esta-a-la-vanguardia-de-la-transicion-energetica/>

Aquatech Trade. (2024). Desalination: Essential guide. Disponible en línea: <https://www.aquatechtrade.com/water-stories/desalination/desalination-essential-guide>

BNamericas. (2025). Mexico to start construction of US\$840mn desalination plant in Baja California. Disponible en línea: <https://www.bnamericas.com/en/news/mexico-to-start-construction-of-us840mn-desalination-plant-in-baja-california>

CAF. (2019). Los objetivos estratégicos planteados en este documento... Disponible en línea: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1455#:~:text=Los%20objetivos%20estrat%C3%A9gicos%20planteados%20en%20este%20documento%20se,de%20la%20gesti%C3%B3n%20integrada%20de%20los%20recursos%20h%C3%ADricos>

CEPAL. (s.f.). Estadísticas e indicadores - CEPALSTAT: Portal de datos y publicaciones estadísticas. Disponible en línea: https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=3855&members=29193,74391,77587

CONAGUA. (2026). Monitor de sequía en México. Disponible en línea: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>

CCHC / COCHILCO. (2022). Informe de COCHILCO: La minería duplicará el uso de agua de mar al 2034 y reducirá 37 % el consumo de agua fresca. Disponible en línea: <https://cchc.cl/noticias/informe-de-cochilco-la-mineria-duplicara-el-uso-de-agua-de-mar-al-2034-y-reducira-37-el-consumo-de-agua-fresca>

Dévora-Isiordia, G., et al. (2013). Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México. Disponible en línea: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000300002#:~:text=Seg%C3%BAn%20reportes%20de%20IDA%20Yearbook,31%20377%20m3%2Fd

Energies. (2022). State of the art of desalination in Mexico. Disponible en línea: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/22/8434>

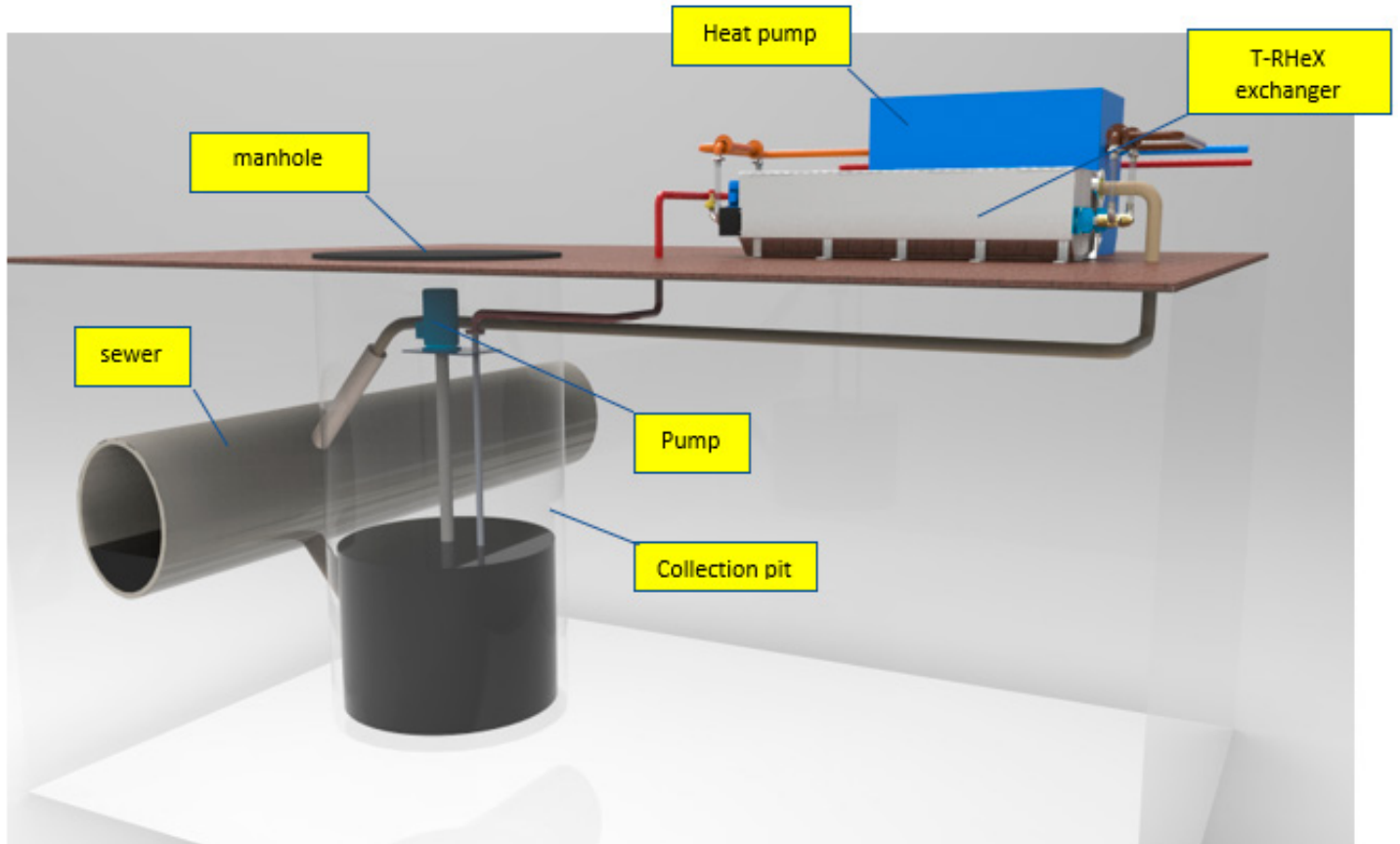
Ifri. (2022). The geopolitics of seawater desalination. Disponible en línea: <https://www.ifri.org/en/studies/geopolitics-seawater-desalination>

IMTA. (2023). Inventario nacional de plantas desalinizadoras 2023. Disponible en línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/968648/Inventario_2023.pdf

ResearchGate. (2019). Current situation and major challenges of desalination in Chile. Disponible en línea: https://www.researchgate.net/publication/337913614_Current_situation_and_major_challenges_of_desalination_in_Chile

World Population Review. (2026). Desalination by country 2026. Disponible en línea: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/desalination-by-country>

CUANDO EL CALOR SE VA POR EL DESAGÜE... Y VUELVE COMO ENERGÍA

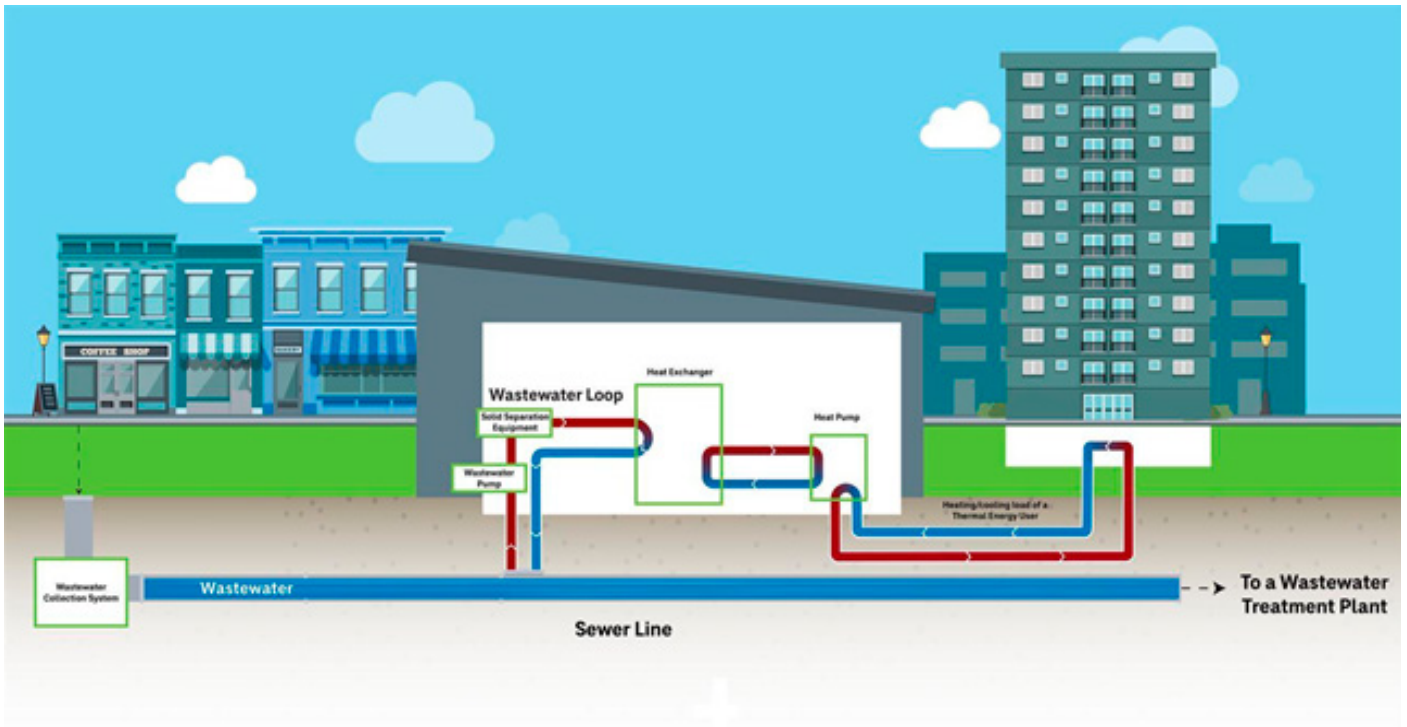


Denver convierte las aguas residuales en climatización limpia

Denver, Estados Unidos. En una ciudad donde el invierno aprieta y el verano exige aire acondicionado, la respuesta a la eficiencia energética no llegó desde un nuevo combustible ni desde una megaplanta solar. Llegó –literalmente– desde el alcantarillado. En el complejo del **National Western Center**, una tecnología ya operativa está usando **aguas residuales a unos 21 °C para calentar y enfriar más de 100.000 m²** sin olores, con bajo consumo energético y aprovechando infraestructura existente .

Así lo informa el medio eco inventos: La idea surgió de un problema urbano típico: dos enormes colectores, de **1,8 metros de diámetro**, atravesaban el predio rumbo al río. Enterrarlos era la solución convencional. Pero los operadores del sistema de agua advirtieron algo más: ese **caudal llevaba calor** y debía disiparlo antes de llegar al cauce. El inconveniente se transformó en oportunidad. <https://ecoinventos.com/>





El secreto: estabilidad térmica todo el año

Poco conocida fuera del sector, la red de saneamiento tiene una virtud clave: mantiene una temperatura relativamente constante durante los doce meses. Esa estabilidad convierte a las aguas residuales en una fuente térmica predecible, algo que el sol y el viento no siempre garantizan. Por eso, sistemas similares ya funcionan en California, Washington, Colorado, Nueva York y varias ciudades de Canadá .

La tecnología no mezcla líquidos ni genera molestias. El intercambio ocurre en intercambiadores sellados: el calor pasa de un circuito a otro, mientras el agua residual continúa su camino hacia la depuradora. No hay contacto, no hay olores.

Cómo funciona (sin glamour, con resultados)

El proceso empieza con lo cotidiano: agua de duchas, inodoros y fregaderos. Tras separar sólidos, el fluido atraviesa un intercambiador de calor que transfiere energía a un circuito de agua limpia. Una bomba de calor hace el resto: produce calefacción, refrigeración o agua caliente sanitaria. La electricidad se usa solo para mover bombas y equipos; no para “fabricar” calor desde cero. El resultado es más eficiencia y menos

gas, con una reducción directa de emisiones . En picos extremos de frío o calor, el sistema se apoya en calderas y torres de respaldo. Pero la mayor parte del año, el calor residual lleva la carga principal.

La ciudad como fuente energética

El potencial es enorme. Datos citados en el documento indican que Estados Unidos pierde cada año cientos de miles de millones de kWh en forma de calor que se va por el desagüe. Energía pagada. Energía desperdiciada. Recuperarla no exige reinventar la ciudad: las tuberías ya están ahí .

Casos como False Creek Neighbourhood Energy Utility en Vancouver lo confirman: en 2025, alrededor del 60 % de su energía provino de la recuperación térmica de aguas residuales, abasteciendo a 47 edificios. No es un experimento; es servicio urbano en marcha .

¿Dónde funciona mejor?

La recuperación térmica encaja especialmente en edificios con demanda continua: complejos educativos, hospitales, lavanderías, fábricas, viviendas multifamiliares. En residencial, se considera viable a partir de unas 50 viviendas. Es compatible con climas fríos



EE. UU. pierde el calor de 350 mil millones de kWh al año por el desagüe: nueva tecnología ya lo convierte en energía.

y templados y se integra con redes de calor y otras renovables .

Para Ania Camargo Cortes, especialista en redes térmicas urbanas, la ventaja decisiva es usar infraestructura existente, lo que baja costos y barreras frente a otras opciones que requieren nuevas instalaciones.

De la técnica a la cultura

El desafío no es solo técnico. También es cultural. Empresas como Epic Cleantec ya integran recuperación térmica en rascacielos de San Francisco, y su director ha insistido en cambiar la percepción: las aguas residuales no son solo desecho, son un recurso. Provocaron debate incluso elaborando cerveza con agua reciclada para demostrar que el rechazo es más psicológico que técnico .

Menos épico, más efectivo

Para Aaron Brown, profesor de ingeniería de sistemas, estas soluciones crecerán porque combinan bajas emisiones, eficiencia y simplicidad. No dependen del clima ni del día o la noche. El calor está ahí mientras la ciudad esté viva .

Descarbonizar las ciudades exige tecnologías menos vistosas que un parque eólico, pero muy eficaces. Integrar la recuperación térmica en nuevos desarrollos, hospitales, campus o barrios en rehabilitación puede recortar emisiones sin cambiar hábitos de vida. A corto plazo, baja facturas; a mediano, convierte el saneamiento en infraestructura energética activa; a largo, cambia la idea de ciudad: de consumidora a recicladora incluso de su propio calor.

No suena futurista. Es simple. Y quizá por eso funciona.



DISEÑAMOS-SUMINISTRAMOS-EJECUTAMOS

Somos especialistas en soluciones integrales para el tratamiento de agua potable, aguas residuales, control hidráulico e infraestructura.



Conozca Nuestra
Ficha de Proyectos

 www.watersoilsolutions.com

 info@watersoilsolutions.com

 Centroamérica | Sede en Panamá

¿AGUA EN BOTELLAS DE PLÁSTICO ECOLÓGICO? : LA CIENCIA BUSCA IMPERMEABILIZAR PAPEL Y TELA SIN PETRÓLEO



UN HONGO COMESTIBLE, DISCRETO Y COMÚN EN LOS BOSQUES, PODRÍA CONVERTIRSE EN ALIADO INESPERADO CONTRA LOS PLÁSTICOS DE UN SOLO USO. INVESTIGADORES DE LA UNIVERSIDAD DE MAINE, EN ESTADOS UNIDOS, DESARROLLARON UN RECUBRIMIENTO NATURAL CAPAZ DE IMPERMEABILIZAR PAPEL Y TEXTILES, UNA INNOVACIÓN QUE ABRE LA PUERTA A ENVASES Y MATERIALES MÁS SOSTENIBLES, SEGÚN INFORMÓ INFOBAE EN OCTUBRE DE 2025 .

La propuesta apunta a uno de los grandes desafíos ambientales del siglo XXI: reducir la dependencia del plástico sin sacrificar funcionalidad. El hallazgo fue publicado en la revista científica *Langmuir* y se inspira en soluciones que la naturaleza perfeccionó durante millones de años.

El protagonista: micelio con vocación industrial

El trabajo se centra en el hongo *Trametes versicolor*, conocido como cola de pavo. Además de ser comestible, este organismo desarrolla una estructura subterránea –el micelio– formada por una red de filamentos finos con una propiedad clave: repeler el agua. Esa cualidad lo convierte en un candidato ideal para crear barreras protectoras naturales.

Para fabricar el recubrimiento, el equipo liderado por la científica Caitlin Howell combinó micelio con nanofibrillas de celulosa, fibras microscópicas derivadas de la madera y habituales en la industria papelera. La mezcla se aplicó en capas delgadas sobre papel, mezclilla, fieltro de poliéster y láminas de madera. Tras tres días de crecimiento controlado y un secado en horno para inactivar el hongo, se obtuvo una película tan fina como una capa de pintura .

Sin tóxicos, sin sorpresas

Las pruebas mostraron resultados contundentes: las superficies tratadas **rechazaron agua, aceite y grasa**, formando gotas esféricas en lugar de absorber los líquidos. Incluso sustancias más difíciles de bloquear, como **n-heptano, tolueno y aceite de ricino**, no lograron penetrar la capa protectora.

Un punto a favor –subraya Infobae– es que el proceso **no requiere químicos tóxicos ni tecnologías industriales complejas**, lo que facilitaría su integración en fábricas existentes. El recubrimiento es **apto para contacto con alimentos**, biodegradable y producido con materiales renovables .

Estética natural, impacto ambiental

El acabado no es brillante ni uniforme como el plástico. Presenta **patrones moteados en tonos amarillos, naranjas o marrones**, una estética orgánica que podría atraer a marcas interesadas en **mostrar compromiso ambiental**. Más allá de lo visual, el objetivo es claro: **reducir residuos que terminan en vertederos y océanos**.

“Esperamos que, al ofrecer más formas de reducir potencialmente nuestra dependencia de los plásticos de un solo uso, podamos ayudar a disminuir los residuos”, señaló Howell, citada por Infobae .

¿Un futuro sin botellas plásticas?

Aunque la investigación no reemplaza de inmediato a las botellas de plástico, **sí sienta las bases** para envases alternativos: papeles y cartones impermeables, textiles técnicos y recubrimientos para embalajes. En combinación con otros avances, el micelio podría transformar la forma en que se protege y transporta el agua y los alimentos.

El desafío ahora es escalar la tecnología y demostrar su viabilidad económica a gran escala. Si lo logra, este hongo –tan humilde como eficaz– podría convertirse en **símbolo de una transición silenciosa**: menos petróleo, más biología aplicada.

El proceso requirió al menos tres días de crecimiento en un ambiente cálido, seguido de un secado en horno durante un día para inactivar el hongo y fijar la capa protectora.

El resultado fue una película delgada, similar en grosor a una





capa de pintura, que modificó el color original de los materiales tratados.

Aparecieron patrones moteados en tonos amarillos, naranjas o marrones claros. Las pruebas demostraron que el recubrimiento impedía la absorción de agua, aceite y grasa.

Al colocar gotas de agua sobre los materiales tratados, se formaron esferas en la superficie, mientras que en los materiales sin tratar el líquido se absorbía o se extendía.

Además, el recubrimiento bloqueó la penetración de otros líquidos como n-heptano, tolueno y aceite de ricino, lo que sugiere una protección eficaz frente a una amplia variedad de sustancias.

Los resultados del trabajo representan una demostración exitosa de un recubrimiento fúngico seguro para alimentos, con potencial para reemplazar productos plásticos de un solo uso.

“Este trabajo es una demostración exitosa de un recubrimiento fúngico apto para alimentos y muestra el potencial de esta tecnología para reemplazar productos plásticos de un solo uso”, señalaron los autores del estudio.

El proceso de creación del recubrimiento es sencillo y utiliza materiales renovables y seguros.

La mezcla de micelio y nanofibrillas de celulosa se adapta a diferentes superficies, lo que amplía las posibilidades de aplicación en la industria del embalaje, la fabricación de textiles y otros sectores que buscan **alternativas ecológicas a los plásticos convencionales**. Con el desarrollo del recubrimiento fúngico se busca reducir la dependencia de plásticos desechables y disminuir los residuos en vertederos y océanos.

El objetivo principal de los investigadores es contribuir a la reducción de la dependencia de los plásticos desechables.

“Nuestra esperanza es que, al ofrecer más formas de reducir potencialmente nuestra dependencia de los plásticos de un solo uso, podamos ayudar a disminuir los residuos que terminan en vertederos y océanos”, afirmó **la doctora Howell**.

Los resultados iniciales muestran un avance prometedor en la búsqueda de **soluciones sostenibles**.

El recubrimiento fúngico, al ser seguro para el contacto con alimentos y biodegradable, podría convertirse en una herramienta clave para enfrentar el desafío ambiental que representan los plásticos de un solo uso.

El futuro de los revestimientos de hongos

El aspecto natural y los colores suaves del recubrimiento pueden atraer a empresas interesadas en productos ecológicos.

El recubrimiento hecho con hongos y fibras de madera que hicieron los investigadores de los Estados Unidos resiste no solo el agua, sino también líquidos como aceites y solventes difíciles de bloquear. Esto lo vuelve útil en productos que necesitan protección extra, según destacó la publicación **Bioingineer**.

La técnica usa ingredientes seguros, como esporas de hongos y pulpa de madera, sin químicos tóxicos ni procesos complicados. Todo el proceso es simple, y podría sumarse a fábricas que ya existen.

El recubrimiento tiene un aspecto natural con manchas y colores suaves, diferente a los plásticos brillantes. Estos detalles pueden gustar a empresas que buscan mostrar productos responsables con el planeta.



EL AGUA NO ES UN INSUMO: ES UN SISTEMA

Por Diana Paola Aristizábal, Médica Veterinaria Zootecnista y especialista en nutrición animal aplicada. de Colombia.

En la producción pecuaria moderna, pocas decisiones operativas tienen un impacto tan profundo y, al mismo tiempo, tan subestimado como la gestión del agua. Durante años, el agua ha sido tratada como un insumo más dentro de la fórmula productiva: está ahí, se usa todos los días y, mientras “salga clara”, se asume que cumple su función. Sin embargo, esta visión simplificada es una de las principales fuentes de riesgo productivo silencioso en las explotaciones pecuarias. La realidad es contundente: el agua no es un insumo, es un sistema. Y como todo sistema, debe ser controlado, auditado y validado en función de su desempeño real, no de supuestos.

El único recurso que toca todo

El agua es el único recurso que impacta de manera directa y diaria el consumo animal, y el consumo es el motor del desempeño productivo. De él dependen la uniformidad de los lotes, la conversión alimenticia y la respuesta a los programas nutricionales y sanitarios. Cuando el consumo fluctúa, los resultados también lo hacen.

Además, el agua sostiene la bioseguridad. Es el medio a través del cual se limpian, se desinfectan y se man-

tienen operativos los sistemas. Y, en muchos casos, es también el vehículo de la medicación y de suplementos nutricionales. Ningún otro recurso tiene una influencia tan transversal.

En países como Colombia –y extensible a buena parte de América Latina– esta realidad se vuelve aún más crítica debido a la variabilidad de las fuentes de agua. Acueductos, pozos, sistemas mixtos y cambios estacionales por lluvia o sequía hacen que la calidad del agua no sea estable. Esa variabilidad se traduce, inevitablemente, en costos ocultos que rara vez aparecen en los balances.

Tres costos silenciosos que nadie ve

El primero es la variabilidad del consumo. Cuando el agua cambia de características, los animales ajustan su ingesta. Esto genera inestabilidad en los resultados productivos: se pierde uniformidad, se deteriora la conversión y los programas dejan de responder como se espera.

El segundo costo es la pérdida de control sanitario. Si el desinfectante no llega en condiciones efectivas al punto final de consumo, el sistema queda expues-

to a la recontaminación. El biofilm encuentra allí un ambiente ideal para instalarse, proteger microorganismos y convertir la red de agua en un reservorio invisible.

El tercer costo es la ineficiencia operativa. Ajustes reactivos, sobredosificaciones "a ciegas" y tiempo del equipo dedicado a apagar incendios en lugar de controlar causas raíz. Todo ello encarece la operación sin resolver el problema de fondo.

Un cambio clave de mentalidad

Desde el punto de vista gerencial, la decisión es simple, aunque no siempre evidente: el agua no se controla en el tanque, se controla en el último bebedero. Medir solo en el tanque es una falsa sensación de seguridad. El agua puede "marcar bien" al inicio del sistema y llegar degradada, sin residual efectivo, al punto donde realmente importa: donde el animal la consume.

Convertir el agua en un proceso implica medirla como tal. No se trata de grandes inversiones ni de tecnologías complejas, sino de disciplina operativa y enfoque correcto.

La validación ocurre en el punto final

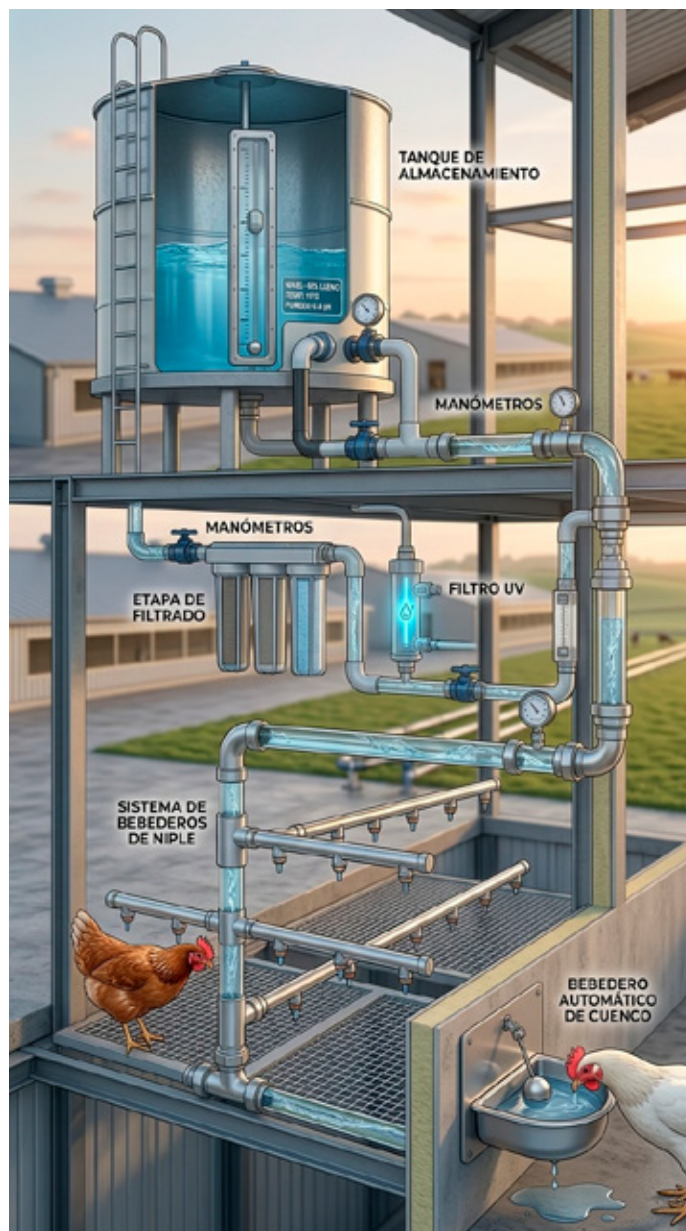
En producción pecuaria, la desinfección no es la dosificación en el tanque, sino la validación en el punto final. Si el cloro o el agente desinfectante está presente en el tanque pero llega bajo o en cero al último bebedero, el sistema no está desinfectado, aunque así lo indique un registro.

Las causas de esta caída del desinfectante son bien conocidas. La demanda oxidante del agua consume cloro antes de que este llegue al final. La presencia de materia orgánica, turbidez o metales como hierro y manganeso –frecuentes en pozos– acelera ese consumo. El biofilm actúa como un sumidero de desinfectantes y, sin una estrategia de remoción, aumentar la dosis se convierte en un ciclo costoso e ineficiente. A esto se suma la hidráulica del sistema: puntos muertos, bajo recambio y tiempos de contacto inadecuados generan zonas sin protección.

Medir poco, pero medir bien

Una auditoría mínima y de bajo costo puede transformar la gestión del agua. Medir semanalmente en tres puntos –tanque, mitad de la línea y último punto de consumo– permite entender qué está ocurriendo realmente dentro del sistema. Registrar parámetros como pH, cloro residual u ORP, temperatura y cambios de fuente o clima convierte al agua en un proceso medible, repetible y auditable.

Desde la óptica gerencial, un indicador resume esta lógica: el porcentaje de caída del cloro residual libre desde el tanque hasta el último bebedero. Ese valor refleja, sin maquillaje, si el sistema está protegiendo o no.



Una pregunta que define la gestión

Al final, la reflexión es inevitable. No se trata de cuánto se dosifica, sino de qué llega al animal. No se trata de cumplir con un protocolo en el papel, sino de validar en el punto crítico.

Porque lo que no llega al bebedero, no protege.

Y la pregunta queda abierta para cada operación:

¿dónde se están tomando hoy las decisiones sobre el agua: en el tanque... o en el último bebedero?

La desinfección es validación en punto final, no dosificación en tanque.

Tanque ≠ Último Bebedero

En avicultura y porcicultura, la caída del residual suele explicarse por **3 causas** (y de a una pide)

<p>1 Demanda oxidante del agua</p> <p>>650 mV</p> <p>Materia orgánica/turbidez y Fe/Mn (común en pozos) consumen cloro antes de llegar al final.</p>	<p>Biofilm</p> <p>Sin limpieza, subir dosis a ciegas es "costo sin control"</p>	<p>3 Hidráulica/ Tiempo de Contacto</p> <p>Puntos muertos/finales de línea con escasa renovación no ven residual</p>
---	--	--

✓ **Auditoría mínima semanal (3 puntos): tanque → mitad → último**

<p>pH</p>	<p>ORP >650mV</p>	<p>Cloro Libre + total</p>	<p>Temperatura</p> <p>0 100 150 350 550 500</p>
------------------	--	--	--

📌 **KPI gerencial: % caída de cloro libre (tanque → último).**
Porque lo que no llega al bebedero no protege.

#CalidaddeAgua #CloroResidual #CloroLibre #ORP #Bioseguridad
#Biofilm #Avicultura #Porcicultura

BIOFILM INVISIBLE: EL ENEMIGO SILENCIOSO EN PILETAS Y GRIFERÍAS



por Olesya Orletska, MGT. administración en salud, gerencia de operaciones de servicios generales y experiencia del paciente, diseño de procesos, kpis. auditora normas iso, cenas, itaes, jci, directora de diplomatura universitaria en isalud, Argentina

En hospitales, geriátricos, hoteles... y también en nuestras casas, el agua suele transmitir una sensación de seguridad. Es transparente, no huele, la pileta brilla y la grifería parece impecable. Sin embargo, detrás de esa apariencia de limpieza puede desarrollarse un proceso silencioso que compromete la seguridad sanitaria: la formación de biofilm en el interior de los sistemas de agua.

El biofilm no es suciedad visible ni un residuo ocasional. Es una estructura biológica compleja, formada por comunidades de microorganismos que se adhieren a superficies húmedas y producen una matriz protectora que les permite sobrevivir y multiplicarse. En cañerías, griferías, duchas y tanques de almacenamiento, estas comunidades encuentran condiciones ideales para instalarse y persistir durante largos periodos sin ser detectadas.

En los sistemas de agua potable y saneamiento, el biofilm puede albergar bacterias de relevancia clínica. Algunas de ellas tienen la capacidad de provocar infecciones graves, especialmente cuando el agua se transforma en aerosol, como ocurre al abrir una ducha o un lavamanos. En estos casos, el riesgo no proviene de beber el agua, sino de respirarla. Para personas inmunocomprometidas, pacientes hospitalizados o adultos mayores, esta vía de exposición representa un peligro real.

Uno de los aspectos más críticos del biofilm es su resistencia. La matriz que lo envuelve actúa como un escudo frente a los desinfectantes habituales. Por esta razón, un sistema puede cumplir con parámetros

fisicoquímicos aceptables y, aun así, mantener comunidades microbianas activas en sus paredes internas. La limpieza superficial, por más rigurosa que sea, no alcanza a eliminar lo que se desarrolla dentro de las tuberías.

Este fenómeno adquiere especial relevancia en entornos institucionales. Centros de salud, unidades de cuidados prolongados, residencias geriátricas y edificios con redes de agua complejas suelen presentar condiciones propicias para la formación de biofilm. Tramos con bajo uso, caudales reducidos, estancamiento del agua o temperaturas inadecuadas favorecen su desarrollo. En estos contextos, el sistema de agua deja de ser un simple servicio auxiliar y se convierte en un factor de riesgo sanitario que requiere gestión activa.



La prevención del biofilm exige un cambio de enfoque. No se trata únicamente de mantener una buena imagen de limpieza, sino de comprender el sistema hidráulico como parte integral de la seguridad institucional. La gestión preventiva implica conocer el comportamiento del agua dentro de la red, controlar temperaturas, evitar zonas de estancamiento, realizar purgas periódicas y mantener tanques y puntos terminales en condiciones adecuadas. Estas acciones, cuando se realizan de forma sistemática y documentada, reducen de manera significativa la posibilidad de colonización microbiana.

El monitoreo microbiológico cumple un papel central en esta estrategia. Las mediciones planificadas permiten detectar tendencias, evaluar la eficacia de las acciones preventivas y anticiparse a posibles problemas. Cuando el control se limita a reaccionar ante un brote o una queja, el biofilm ya lleva tiempo instalado. La diferencia entre una gestión reactiva y una preventiva suele marcar el límite entre un incidente aislado y un problema estructural.

Otro elemento clave es la capacitación del personal. Quienes realizan tareas de limpieza y mantenimiento son los primeros en observar señales de alerta como sarro persistente, baja presión o cambios en el comportamiento del sistema. Integrarlos a una cultura de prevención transforma la rutina diaria en una herramienta de vigilancia temprana.

Existe, sin embargo, una verdad incómoda que muchas organizaciones prefieren ignorar. Se invierten grandes recursos en equipamiento médico, tecnología de punta y mejoras municipales, mientras que los sistemas de agua permanecen años sin una revisión profunda. El biofilm no genera alarmas visibles ni aparece en auditorías estéticas. Simplemente se instala y crece, aprovechando la falta de atención.

Desde una perspectiva estratégica, la experiencia del paciente no comienza en el quirófano ni en el consultorio. Empieza en el entorno cotidiano, en el agua que utiliza, en el aire que respira al ducharse y en la confianza invisible de que el sistema que lo rodea es seguro. Gestionar el biofilm no es un gasto adicional, sino una inversión en prevención de riesgos, reputación institucional y calidad sanitaria real.

En América Latina, donde muchos sistemas de agua institucional carecen de planes formales de control y seguimiento, la pregunta es inevitable: ¿cuántas organizaciones han incorporado de manera efectiva la gestión del biofilm en sus políticas de seguridad del agua? La respuesta a esta pregunta define el paso de una cultura reactiva a una cultura verdaderamente preventiva, acorde a los desafíos sanitarios actuales.



¿POR QUÉ HAY PERSONAS QUE NO PAGAN RUTINARIAMENTE EL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN AMÉRICA LATINA?

Según diversos actores internacionales



En América Latina, el impago recurrente del servicio de agua potable no es un fenómeno aislado ni puede explicarse únicamente como falta de responsabilidad individual. Se trata de un **problema estructural**, donde confluyen historia, calidad del servicio, debilidad institucional, pobreza y gobernanza. Diversos organismos internacionales han documentado este fenómeno desde distintas perspectivas técnicas y sociales.

Este artículo reúne y contrasta esas miradas para explicar por qué, en muchos países de la región, **el agua llega a los hogares, pero no siempre se paga.**

El peso histórico: el agua como bien "gratuito"

La **CEPAL** señala que en gran parte de América Latina el agua ha sido percibida históricamente como un **bien natural y público**, más que como un servicio con costos de operación, mantenimiento e inversión. Esta percepción se reforzó durante décadas de subsidios generalizados y ausencia de facturación efectiva, especialmente en zonas urbanas populares y rurales. Según la CEPAL, esta visión cultural genera resistencia social al pago, particularmente cuando el prestador es una entidad estatal y no existe una comunicación clara sobre el costo real del servicio.

<https://www.cepal.org/es/temas/recursos-hidricos>

Cuando el servicio falla, el pago se debilita

El Banco Mundial ha documentado que la calidad e intermitencia del servicio influyen directamente en la disposición a pagar. En contextos donde el agua llega pocas horas al día, con baja presión o mala calidad, los usuarios perciben el cobro como injustificado. Desde la lógica del usuario, el razonamiento es simple: "si el servicio no es continuo ni confiable, no vale la pena pagarlo". Esta relación entre calidad del servicio y cultura de pago ha sido observada en múltiples países de la región.

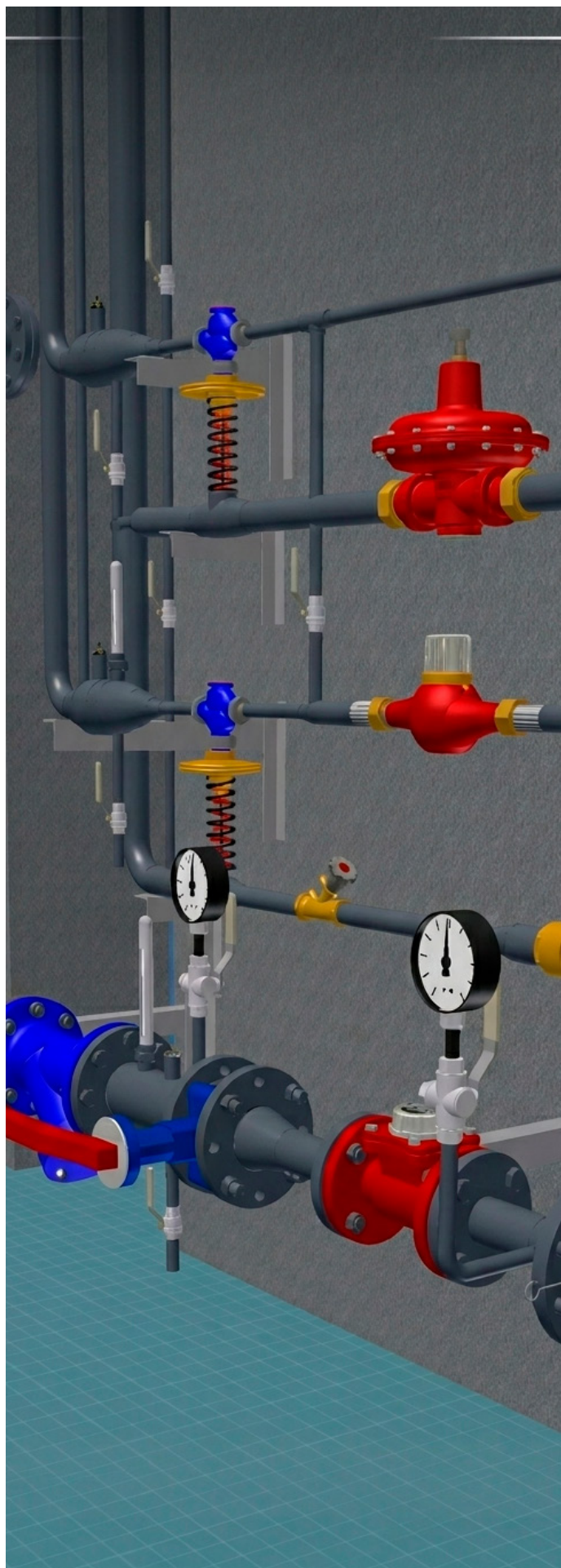
<https://www.bancomundial.org/es/topic/water>

Instituciones débiles y bajo poder de cobro

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) advierte que muchos prestadores de agua en América Latina carecen de capacidad real de cobranza. La ausencia de sanciones, los cortes de servicio políticamente inviabilizables y la facturación deficiente envían una señal clara a los usuarios: no pagar no tiene consecuencias. El BID subraya que, sin sostenibilidad financiera, los operadores entran en un círculo vicioso: menos ingresos → peor servicio → menor disposición a pagar.

<https://www.iadb.org/es/sectores/agua-y-saneamiento/vision-general>





Conexiones informales y asentamientos no regularizados

De acuerdo con ONU-Hábitat, millones de personas viven en asentamientos informales donde no existen contratos formales de agua potable. En estos contextos, el impago no es una decisión deliberada, sino el resultado de la falta de regularización del suelo y de los servicios.

Las conexiones clandestinas o comunitarias, comunes en periferias urbanas, dificultan la facturación individual y debilitan la relación usuario-prestador.

<https://unhabitat.org/topic/water-and-sanitation>

Pobreza y capacidad de pago

Para UNICEF, el problema del no pago también está vinculado a la pobreza estructural. En hogares de bajos ingresos, el agua compite con alimentos, transporte y energía. Aunque la tarifa sea baja, no siempre es prioritaria si no existen subsidios focalizados y mecanismos de protección social.

UNICEF enfatiza que la sostenibilidad del servicio debe equilibrarse con el derecho humano al agua, evitando que el cobro excluya a los más vulnerables.

<https://www.unicef.org/es/agua-saneamiento-higiene>

Falta de educación sanitaria y cultura de pago

La OPS / OMS señalan que en muchos países no se comunica adecuadamente a la población la relación entre pago del servicio, calidad del agua y salud pública. Sin esta comprensión, el cobro se percibe como un impuesto más, no como una inversión en bienestar colectivo.

La OPS destaca que la educación sanitaria y la transparencia en la gestión del servicio son claves para fortalecer la confianza ciudadana.

<https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>

El factor político: agua y clientelismo

La OCDE ha advertido que la politización del servicio de agua en América Latina –condonaciones frecuentes, promesas electorales de no cobro o tarifas congeladas– debilita la gobernanza del sector. Cuando el agua se usa como herramienta política, se erosiona la disciplina de pago y la sostenibilidad financiera.

La OCDE sostiene que una buena gobernanza del agua requiere separar la gestión técnica del ciclo político.

<https://www.oecd.org/water/>

La ausencia de micromedición: un problema técnico clave

Finalmente, la International Water Association (IWA) subraya que la falta de medidores de consumo impide que los usuarios relacionen cuánto usan con cuánto pagan. La tarifa plana, común en la región, se percibe como injusta y fomenta tanto el desperdicio como la morosidad.

La IWA vincula directamente la baja micromedición con altos niveles de Agua No Facturada (ANF).

<https://iwa-network.org/learn/iwa-learn-water-loss/>

Conclusión: un problema de gobernanza, no solo de pago

La evidencia recopilada por organismos internacionales es clara: el impago del agua potable en América Latina no es solo una cuestión de voluntad individual, sino el resultado de una combinación de factores históricos, técnicos, sociales e institucionales.

Cobrar el agua no es únicamente un desafío financiero; es un reto de confianza, gobernanza y equidad. Resolverlo exige mejorar la calidad del servicio, fortalecer a los operadores, comunicar mejor a la ciudadanía y diseñar políticas tarifarias justas e inclusivas.



EN LA PRIMERA SEMANA DE ENERO DE 2026 LA REVISTA AGUA OBTUVO EL EPISODIO # 86 DEL PODCAST DEL AGUA, MEDIO QUE PUBLICA EL MEDIO AGUAS RESIDUALES.INFO. EL TÍTULO DEL PODCAST, IGUAL AL QUE USAMOS EN ESTE ARTÍCULO, ABORDÓ UN TEMA QUE NO TIENE FRONTERAS Y QUE CONSIDERAMOS PUEDE SER DE PARTICULAR INTERÉS PARA LOS LECTORES.

EN UN SECTOR DONDE LA TECNOLOGÍA, LA INGENIERÍA Y LA OPERACIÓN DEBEN FUNCIONAR SIN MARGEN DE ERROR, LA EXPERIENCIA REAL EN CAMPO MARCA LA DIFERENCIA. EN ESTE EPISODIO, ANTONIO ATIENZAR ESPAÑA OFRECE UNA MIRADA DIRECTA Y SIN FILTROS SOBRE LO QUE SIGNIFICA DIRIGIR ALGUNAS DE LAS ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES MÁS GRANDES Y COMPLEJAS DEL PLANETA, DESDE EGIPTO HASTA MÉXICO.

LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS POR LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA Y ACTUAL RESPONSABLE DEL ÁREA DE OPERACIÓN Y MEJORA EN LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES Y TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA DE LA FIRMA AQUALIA, ATIENZAR HA ESTADO AL FRENTE DE INFRAESTRUCTURAS QUE DAN SERVICIO DIARIO A MILLONES DE PERSONAS, DONDE CADA DECISIÓN TÉCNICA TIENE UN IMPACTO SOCIAL, AMBIENTAL Y HUMANO INMEDIATO.

LA GESTIÓN DEL PERSONAL ES CLAVE PARA EL ÉXITO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO:

LECCIONES DESDE LAS MAYORES DEPURADORAS DEL MUNDO



La operación real: cuando la teoría se enfrenta al terreno

A lo largo de su trayectoria, Antonio Atienzar ha participado en la dirección y coordinación de grandes instalaciones como las EDAR de New Cairo y Abu Rawash (Egipto) y la EDAR de Atotonilco (México), esta última considerada la mayor planta de tratamiento de aguas residuales construida en una sola fase.

En su relato queda claro que, más allá del diseño y la capacidad instalada, la operación cotidiana es el verdadero reto. Plantas con decenas de digestores, cientos de trabajadores, líneas de proceso extensas y recorridos internos que pueden tomar más de una hora a pie, convierten la gestión en un ejercicio permanente de priorización y toma de decisiones.

El factor humano como eje de la eficiencia

Uno de los mensajes más contundentes de la entrevista es la importancia del factor humano. En contextos como Egipto, donde el absentismo laboral puede ser elevado, Atienzar destaca una filosofía clara:

"se requieren salarios dignos, condiciones laborales adecuadas y, sobre todo, trato respetuoso y reconocimiento del papel del operario."

"Sin operarios, las plantas no funcionan", señala. Cuando el personal siente que la instalación es "suya", el nivel de limpieza, mantenimiento y compromiso se eleva de forma notable. Esta visión contrasta con otras experiencias internacionales donde la precariedad laboral termina afectando directamente la operación y la sostenibilidad de las infraestructuras.

Adaptación cultural: dirigir sin imponer

La experiencia internacional de Atienzar subraya otro aspecto clave: la adaptación cultural. Trabajar en países árabes implicó comprender dinámicas distintas, desde los horarios de rezo hasta las normas sociales y religiosas. Lejos de generar conflictos, este entendimiento permitió construir relaciones basadas en el respeto mutuo.

El entrevistado destaca que, pese a los estereotipos, se sintió respetado tanto a nivel profesional como personal, y que el verdadero liderazgo en estos contextos pasa por escuchar, observar y adaptarse, no por imponer modelos externos.

Atotonilco: gestión técnica, social y política

El caso de la EDAR de Atotonilco, en México, representa uno de los mayores desafíos de su carrera. Con más

de 220 trabajadores, decenas de digestores, generación energética propia y una superficie comparable a un pequeño municipio, la planta no solo enfrenta retos técnicos, sino también conflictos sociales.

La transición de agricultores que utilizaban aguas residuales sin tratar hacia el uso de agua depurada generó tensiones, protestas y bloqueos. En este es-



cenario, la labor del director va mucho más allá de la ingeniería: implica diálogo con comunidades, gestión de expectativas y pedagogía sobre los beneficios del saneamiento.

Atienzar resume esta experiencia como un aprendizaje integral, donde los "stakeholders" no son solo el cliente institucional, sino también los pobladores, agricultores y usuarios indirectos del sistema.

Liderar entre socios y equilibrios complejos

Otro aspecto poco visible del sector es la gestión entre empresas socias. En Atotonilco, Antonio Atienzar ejerció como director general representando a varias compañías, lo que exigía una constante labor de equilibrio, mediación y visión compartida.

Quitarse la "camiseta" de la empresa de origen para actuar en beneficio del conjunto fue, según relata, uno de los mayores retos, pero también una condición indispensable para garantizar la estabilidad operativa y la buena relación entre socios.

Lecciones para el futuro del sector del agua

La entrevista deja varias enseñanzas clave para las nuevas generaciones de profesionales del agua:

- La operación es tan importante como el diseño.
- El liderazgo técnico debe ir acompañado de liderazgo humano.
- La adaptación cultural no es opcional en un sector globalizado.
- El saneamiento es un proceso técnico, pero también social y educativo.

En un momento en que el sector del agua enfrenta retos crecientes –climáticos, urbanos y energéticos–, voces como la de Antonio Atienzar recuerdan que la infraestructura solo es **verdaderamente sostenible cuando las personas que la operan y la rodean forman parte del proyecto.**



EL REGRESO DEL AGUA DEL GRIFO: SOSTENIBILIDAD QUE SE BEBE



El hábito de pedir agua del grifo en la hostelería ha crecido 10 puntos en el último año.

En un contexto global donde la sostenibilidad ha dejado de ser discurso para convertirse en hábito, un gesto cotidiano está marcando tendencia: pedir agua del grifo en restaurantes. Lejos de ser un simple detalle de consumo, este acto refleja un cambio cultural más profundo en la relación de los ciudadanos con el recurso hídrico .

Según la octava oleada del Barómetro de Conductas Sostenibles de Aqualia, elaborado a partir de su herramienta digital **Sosteniblómetro**, el porcentaje de personas que solicitan agua del grifo en establecimientos de hostelería ha alcanzado el 54,5 %, lo que representa un aumento de diez puntos porcentuales respecto al año anterior. Si en diciembre de 2024 el indicador se situaba en 43,4 %, hoy supera la mitad de los encuestados. La cifra no es menor: habla de confianza, conciencia y criterio.

Agua del grifo vs. agua embotellada: la diferencia invisible

La comparación económica es contundente. Para una familia de cuatro personas que consume dos litros diarios por integrante, sustituir el agua del grifo por

agua mineral embotellada puede implicar un gasto anual cercano a los 500 euros, frente a aproximadamente 5 euros si se consume agua del sistema público. Más allá del ahorro, el agua del grifo es uno de los productos alimentarios con mayor control sanitario.

El crecimiento en su demanda en la hostelería no parece ser casualidad. Responde a una mayor percepción de seguridad, pero también a una conciencia ambiental que cuestiona el impacto de los envases plásticos y la huella de carbono asociada al transporte y producción de agua embotellada.

El Sosteniblómetro: medir para transformar

El aumento de esta práctica se inscribe dentro de una tendencia más amplia que el **Sosteniblómetro de Aqualia** viene registrando desde 2022. Esta herramienta digital, concebida como el primer medidor de conductas sostenibles orientado a la ciudadanía, evalúa hábitos cotidianos relacionados con el consumo y uso responsable del agua mediante un sencillo test de cinco preguntas. Desde su lanzamiento ha recogido más de 15.600 participaciones.

El análisis correspondiente al periodo comprendido entre el 5 de junio y el 5 de diciembre de 2025 revela una mejora sostenida en la adopción de prácticas responsables. La totalidad de los encuestados afirma mantener agua fría en el frigorífico para evitar dejar correr el grifo durante el verano. El 92 % revisa periódicamente que no existan fugas en casa, el 91 % prefiere ducharse en lugar de bañarse y el 89 % cierra el grifo mientras se cepilla los dientes o se enjabona las manos.

En el ámbito del saneamiento, la conciencia es igualmente notable. El 100 % declara disponer de papelera en el baño para evitar arrojar residuos al inodoro, y el 90 % reconoce no tirar toallitas por el sistema de alcantarillado. Estos datos evidencian que la sostenibilidad ya no es una aspiración lejana, sino una práctica instalada en el hogar.

No obstante, persisten áreas de mejora. Solo una cuarta parte de los participantes recoge el agua fría inicial de la ducha para reutilizarla, menos de la mitad evita enjuagar los platos antes del lavavajillas y poco más de la mitad cuenta con aireadores o reductores de caudal en los grifos. Pequeños gestos que, multiplicados, pueden representar ahorros significativos de agua y energía.

Territorios y generaciones sostenibles

El Barómetro también identifica provincias que destacan por su desempeño sostenible. Jaén, Zamora, Huesca, Lugo, Valladolid y Tenerife figuran entre las más comprometidas, según el índice que relaciona puntuación y número de participantes.

La dimensión generacional aporta un matiz alentador. La versión infantil del Sostenímetro muestra que los más jóvenes adoptan con naturalidad conductas responsables: todos cierran el grifo si detectan goteo y separan papel y cartón para su reciclaje. La sostenibilidad, en este caso, se aprende en casa y se consolida desde la infancia.

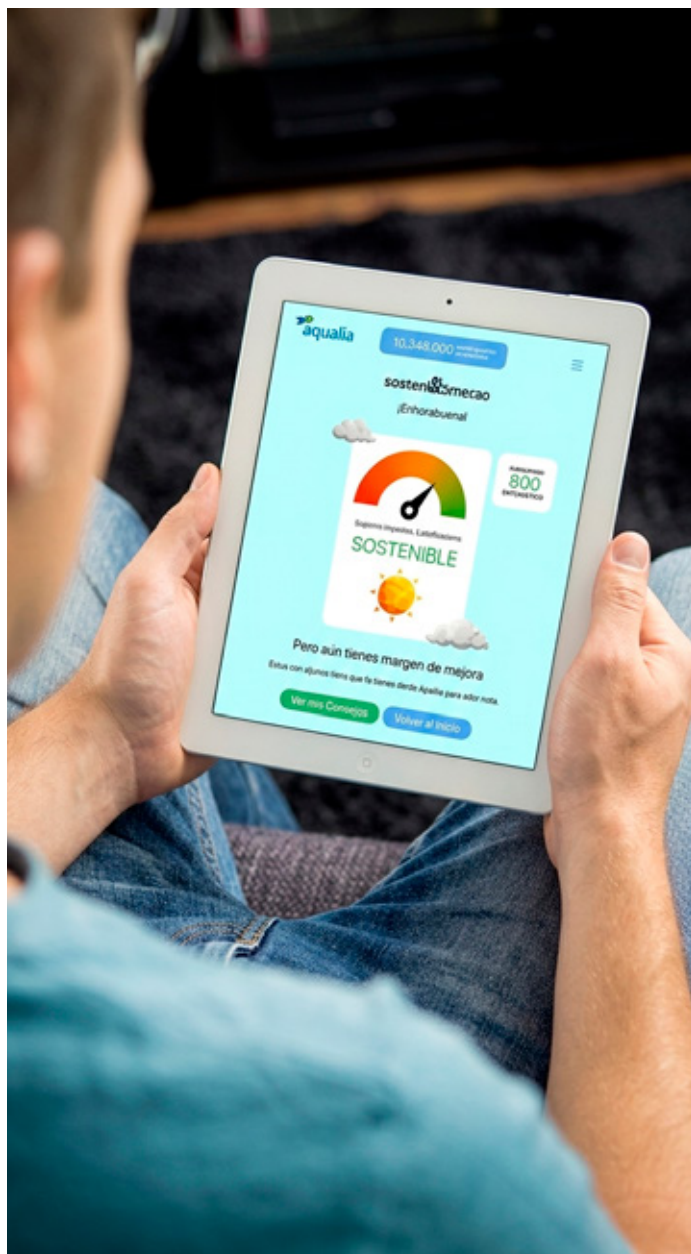
Más que una tendencia, una señal

El incremento en la solicitud de agua del grifo en la hostelería puede parecer un dato anecdótico, pero es

síntoma de algo mayor. La ciudadanía está dispuesta a revisar hábitos, cuestionar inercias y asumir decisiones que combinan ahorro económico, confianza en el servicio público y responsabilidad ambiental.

El Sostenímetro no solo mide comportamientos; los visibiliza, los compara y los convierte en conversación pública. En tiempos en que la gestión del agua enfrenta desafíos climáticos, energéticos y sociales, contar con ciudadanos informados y activos es un activo estratégico.

Pedir agua del grifo es, en apariencia, un gesto simple. Sin embargo, detrás de esa elección hay una toma de posición: confianza en el sistema, conciencia ambiental y compromiso cotidiano.



CUANDO LOS RÍOS SE SECAN: LA NUEVA GEOGRAFÍA GLOBAL DE LA CRISIS HÍDRICA

UN ANÁLISIS PARA REVISTA AGUA BASADO EN EL DOCUMENTAL DE DW
[HTTPS://YOUTUBE.COM/WATCH?V=-01ECDV7FNK&SI=ZT3DKJWMA6TMZE9I](https://youtube.com/watch?v=-01ECDV7FNK&SI=ZT3DKJWMA6TMZE9I)



Cuando los ríos se secan - La crisis del agua en cuatro continentes | DW Documental

Introducción: el planeta que se queda sin agua

La humanidad enfrenta una realidad inquietante: **los ríos del mundo están desapareciendo**. Desde Egipto hasta California, desde la India hasta España, la crisis hídrica está modificando la forma en que producimos alimentos, organizamos nuestras economías y construimos nuestras sociedades. El documental de DW "Cuando los ríos se secan" presenta historias humanas que revelan cómo el cambio climático, la agricultura industrial, la sobreexplotación y la mala gestión están llevando a regiones enteras al borde del colapso.

La pregunta ya no es si habrá agua suficiente para todos, **sino cómo y para quién se distribuye el agua que queda**.

Agricultura industrial: el mayor consumidor de agua del mundo

El documental recuerda un dato contundente:

- **10%** del agua potable se usa en los hogares,
- **20%** en la industria,
- **70%** en la agricultura.

Este reparto deja claro quién es el actor clave en la crisis hídrica global: **el modelo agroindustrial.**

Exportar alimentos = exportar agua

El concepto de **huella hídrica** aparece una y otra vez en el documental:

- 1 kg de fresas = 300 L de agua.
- 1 kg de papas en Egipto = hasta 420 L.
- 1 L de leche = 1.000 L de agua.
- 1 kg de carne = hasta 15.000 L.

Exportar estos productos desde regiones áridas equivale literalmente a exportar su agua.

Egipto: el Nilo bajo presión



El delta del Nilo, una de las zonas agrícolas más antiguas del planeta, enfrenta una doble amenaza:

a) Canales revestidos que aumentan la salinidad

El gobierno egipcio decidió hormigonar canales para evitar pérdidas por infiltración, pero la medida produjo efectos no previstos:

- Mayor salinidad del suelo.
- Descenso del nivel freático.
- Menor capacidad natural de recarga.

b) Expansión agrícola destinada a exportación

El país exporta fresas, papas y alfalfa –un cultivo extremadamente demandante de agua– mientras su población enfrenta cada vez más escasez.

El caso más grave: la producción masiva de forraje para ganadería extranjera con agua del Nilo y del acuífero fósil de Nubia.

Estados Unidos: el Colorado, un río que ya no llega al mar

En el suroeste de Estados Unidos, un solo cultivo domina el paisaje: alfalfa para ganado. Problemas identificados:

- La alfalfa consume enormes volúmenes de agua y se cultiva en pleno desierto.
- Hasta el 80% del agua desviada del río Colorado se destina al Valle Imperial, principalmente para forraje.



- Carga climática adicional: temperaturas superiores a 40°C generan evaporación extrema.

Impacto social:

- 46 millones de estadounidenses carecen de agua potable en sus hogares, mientras el agua barata subvenciona la exportación de forraje al extranjero.

Se trata de una paradoja ética de gran envergadura.

India: acuíferos agotados, glaciares en retirada

India es hoy el país más afectado por la escasez hídrica.

Tres factores críticos:

1. **Uso intensivo de pozos profundos:** acuíferos que bajan de 150 m a más de 350 m en pocas décadas.
2. **Crisis climática:** derretimiento de glaciares del Himalaya, de los que dependen dos tercios de los ríos indios.
3. **Crecimiento urbano descontrolado:** ciudades como Chennai dependen de camiones cisterna porque el agua subterránea está contaminada o agotada.

Contraste esperanzador: soluciones comunitarias

El trabajo de Vandana Shiva y Rajendra Singh demuestra que:

- La agricultura orgánica mejora la infiltración.
- La restauración de presas tradicionales recarga acuíferos.
- Siete ríos que estaban secos han sido recuperados.

España: la cuenca del Ebro en colapso

La región del Ebro enfrenta un fenómeno cada vez más grave:

a) Sobreexplotación del agua para forraje

Más de la mitad del agua de riego se destina a maíz y alfalfa, mayormente para exportación.

b) Descenso histórico en embalses y ríos

En 2023, el Ebro registró sus niveles más bajos en más de un siglo.

c) Pozos privados que secan ríos enteros

Pueblos como Vinaceite observan cómo sus ríos desaparecen mientras en valles cercanos el agua fluye para grandes explotaciones.

El conflicto social por el agua ya es visible.

Contaminación: cuando el agua que queda no es apta para vivir

En Surat, India, la industria textil vierte sustancias tóxicas en canales urbanos.

Consecuencias:

- Enfermedades crónicas en trabajadores y familias.
- Contaminación química severa en ríos y aguas subterráneas.
- Solo el 2% de la población tiene agua potable del grifo.

El agua limpia es ahora un privilegio.

Soluciones: entre la restauración ecológica y el rediseño del sistema alimentario

El documental también muestra vías de esperanza:

a) El renacimiento del río Célune (Francia)

Con la demolición de presas obsoletas:

- Regresan salmones y anguilas.
- Se restaura la biodiversidad.
- El ciclo natural del río recupera resiliencia.

b) Agricultura regenerativa

- Mejora la capacidad del suelo para retener agua.
- Reduce la dependencia de acuíferos.
- Evita la salinización y erosión.

c) Tecnologías apropiadas

- Riego por goteo en regiones áridas.
- Reutilización de aguas en industrias.
- Captación de agua pluvial a nivel comunitario.

Conclusión: un futuro que todavía puede escribirse

Cuando los ríos se secan no es solo un diagnóstico: es un llamado a transformar el modo en que producimos alimentos, gestionamos el territorio y entendemos el valor del agua.

El documental demuestra que:

- La crisis del agua es global,
- Sus causas son humanas,
- Sus efectos son sociales,
- Y sus soluciones requieren cambios estructurales.

El agua es más que un recurso: **es la base de toda vida.**

Si queremos un futuro habitable, debemos repensar los sistemas que están dejando sin agua a millones de personas y llevando al límite los ríos del planeta.



TIERRAS RARAS Y RÍOS SACRIFICADOS: EL COSTO HÍDRICO OCULTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA GLOBAL AVANZA CON PASO FIRME, IMPULSADA POR LA NECESIDAD URGENTE DE REDUCIR LAS EMISIONES DE CARBONO Y ABANDONAR LOS COMBUSTIBLES FÓSILES. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, PANELES SOLARES Y TURBINAS EÓLICAS SE HAN CONVERTIDO EN SÍMBOLOS DE UN FUTURO MÁS LIMPIO. SIN EMBARGO, DETRÁS DE ESTA NARRATIVA VERDE SE ESCONDE UNA REALIDAD INCÓMODA: LA CRECIENTE DEMANDA DE TIERRAS RARAS Y MINERALES CRÍTICOS ESTÁ PROVOCANDO UNA CRISIS AMBIENTAL SILENCIOSA EN ALGUNOS DE LOS SISTEMAS FLUVIALES MÁS IMPORTANTES DEL PLANETA, ESPECIALMENTE EN EL SUDESTE ASIÁTICO.

UNA INVESTIGACIÓN RECIENTE DIFUNDIRA POR CNN, CON BASE EN ESTUDIOS DEL STIMSON CENTER, REVELA LA EXISTENCIA DE MÁS DE 2.400 MINAS NO REGULADAS QUE ESTÁN VERTIENDO SUSTANCIAS ALTAMENTE TÓXICAS EN RÍOS QUE ALIMENTAN LA CUENCA DEL MEKONG Y OTROS SISTEMAS HÍDRICOS REGIONALES. SE TRATA DE UNA CONTAMINACIÓN DE GRAN ESCALA, CON EFECTOS QUE TRASCIENDEN FRONTERAS Y AMENAZAN DIRECTAMENTE LA SEGURIDAD HÍDRICA Y ALIMENTARIA DE MILLONES DE PERSONAS.



El Mekong, columna vertebral de Asia, bajo presión extrema

El río Mekong atraviesa seis países –China, Myanmar, Laos, Tailandia, Camboya y Vietnam– y sostiene uno de los ecosistemas de agua dulce más productivos del mundo. De sus aguas dependen algunas de las mayores pesquerías continentales, extensas zonas arroceras y comunidades indígenas que han vivido durante siglos en equilibrio con el río. Hoy, ese equilibrio está gravemente comprometido.

De acuerdo con el mapeo citado por CNN, imágenes satelitales han identificado actividad minera intensiva en al menos **43 ríos** de Myanmar, Laos y Camboya. En el norte de Tailandia, particularmente en la cuenca del río Kok, se han detectado niveles peligrosos de arsénico en el agua, en peces y en suelos agrícolas. Pescadores locales han dejado de consumir su propia captura por temor a intoxicaciones, una señal clara de ruptura entre la población y su fuente histórica de sustento.

Contaminantes persistentes y efectos a largo plazo

La extracción de tierras raras y otros minerales críticos emplea técnicas como la lixiviación in situ, la lixiviación en pilas y la minería aluvial. Estos métodos requieren el uso intensivo de sustancias químicas extremadamente peligrosas, entre ellas cianuro, mercurio y arsénico. Según advierten expertos citados por **CNN** y por organismos internacionales, estos contaminantes no solo afectan de manera inmediata a la fauna acuática, sino que se bioacumulan y permanecen en los sedimentos durante décadas o incluso siglos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha señalado que la contaminación por metales pesados en cuencas fluviales representa uno de los riesgos ambientales más persistentes, ya que su remoción es técnicamente compleja y económicamente costosa. En el caso del Mekong, la amenaza no se limita al ecosistema: compromete la calidad del arroz, el pescado y los camarones que se exportan a mercados de Europa, Estados Unidos y América Latina.

Minería ilegal, conflicto y gobernanza ausente

El problema ambiental está íntimamente ligado a factores políticos y sociales. Cerca del 80 % de las minas no reguladas identificadas se concentran en Myanmar, en regiones como Kachin y Shan, zonas marcadas por conflictos armados desde el golpe militar de 2021. Allí, la minería ilegal se ha convertido en fuente de financiamiento para grupos armados, alimentando un círculo vicioso de violencia, corrupción y degradación ambiental.

Organizaciones como **Global Witness** han documentado cómo esta industria opaca financia la compra de armas y facilita redes de crimen organizado. A esto se suma un dato clave: China controla alrededor del 90 % del procesamiento mundial de tierras raras, lo que le otorga una posición dominante en la cadena de suministro y reduce los incentivos para exigir estándares ambientales más estrictos en las zonas de extracción.



LA COMPLETA DEL RÍO MEKONG - MAPA VERTICAL [cit



La paradoja de la energía "limpia"

La situación del Mekong expone una contradicción central de la transición energética actual. Los países industrializados avanzan hacia tecnologías más limpias, mientras que los costos ambientales se concentran en regiones productoras con marcos regulatorios débiles. Es una forma de inequidad ambiental que traslada la carga ecológica a comunidades rurales, pescadores y agricultores que poco se benefician del auge tecnológico global.

Expertos del **WWF**, del **Banco Mundial** y de agencias de la ONU coinciden en que, sin una gobernanza hídrica transfronteriza y estándares obligatorios de minería responsable, ríos como el Mekong podrían cruzar puntos de no retorno ecológico.

Una advertencia para América Latina

El caso asiático ofrece lecciones urgentes para América Latina, una región que concentra importantes reservas de litio, cobre, níquel y tierras raras. Países como México, Brasil, Argentina, Bolivia y Perú enfrentarán presiones crecientes para explotar estos recursos en el marco de la electromovilidad y la transición energética global.

La experiencia del Mekong demuestra que, sin regulación efectiva, la minería de minerales críticos puede destruir cuencas completas, afectar exportaciones agrícolas y generar conflictos sociales de largo plazo. Ríos estratégicos como el Amazonas, el Beni, el Pilcomayo, el Usumacinta o el San Juan podrían enfrentar escenarios similares si la gobernanza del agua no se adelanta a la presión del mercado.

El agua como límite planetario

El auge de las tierras raras está redefiniendo la geopolítica de los recursos, pero también pone a prueba los límites ecológicos del planeta. Como advierte el **Stimson Center**, si la minería continúa expandiéndose sin control, el Mekong podría convertirse en un símbolo global de una transición energética mal diseñada: limpia en el discurso, pero profundamente contaminante en sus impactos reales.

La pregunta que queda abierta no es solo técnica, sino ética: **¿puede el mundo avanzar hacia energías renovables sin sacrificar sus ríos y las comunidades que dependen de ellos?**

Para Revista AGUA, la respuesta pasa por reconocer que la transición energética solo será verdaderamente sostenible si coloca al agua –y a las cuencas que la sostienen– en el centro de las decisiones.

ORIGEN Y TIPOS DE LLUVIAS



Por **DARNER A. Mora**
Salubrista Público

INTRODUCCIÓN

El origen de la lluvia es el ciclo del agua, que comienza con la evaporación del agua por el sol, favor asciende y se enfría, condensándose en nubes alrededor de partículas o núcleos de condensación. Existen diferentes tipos de lluvias según cómo se produce: por convección (calor), orográfico (montañas) o frontal (choque con masas de aire). Por otro lado, la contaminación ambiental de las ciudades urbanas, provocan otros tipos de lluvias, que abordaremos a continuación:

1. Luvia Natural:

La lluvia es un fenómeno atmosférico e hidrometeorológico muy común en nuestro planeta, que consiste en la caída de partículas líquidas de agua en forma de gotas dispersas, causada por la condensación y enfriamiento de vapor de agua en la atmósfera. La precipitación lluviosa ocurre a diario en diferentes regio-

nes del planeta, tanto sobre el mar y tierra adentro. La generación de lluvia depende de tres factores: la temperatura, la presión y la humedad atmosféricas. La lluvia es parte del ciclo hidrológico, en donde en los océanos, lagos, ríos e incluso en la evapotranspiración de los árboles, por acción del Sol, el vapor de agua va a dar a la atmósfera en donde se enfrían y condensan formando nubes. Luego, el agua condensada cede el peso de la materia y libera el líquido desde lo alto en forma de lluvia para repetir el circuito. Lógicamente, la lluvia es tan antigua como la presencia masiva de agua en el planeta, hace unos 3800 millones de años.

La lluvia se forma en distintos tipos de nubes, como los Cumulonimbus y Nimbostratus, que reciben toda humedad de la atmósfera y, cuando se elevan hacia regiones más frías, su vapor se condensa y cae debido al incremento de peso.

Figuras 1. Tipos de nubes

Nubes Cumulonimbus



La formación de la lluvia puede darse, mediante tres formas:

Lluvias de convección: Se presenta un ascenso de aire húmedo y cálido en contacto con la superficie terrestre, calentándose por acción del sol; luego asciende enfriándose y produciendo lluvias intensas.

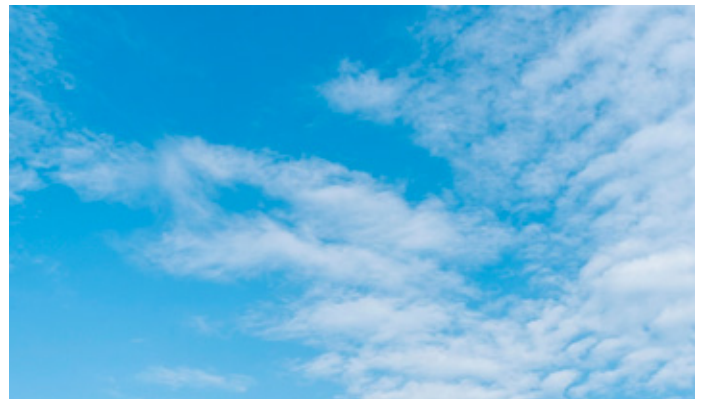
Lluvias orográficas: Se producen cuando una masa de aire húmedo choca contra el relieve montañoso ascendiendo por su ladera y descargando su humedad.

Lluvias frontales: Se producen por el choque de dos masas de aire húmedo con temperaturas distintas-una cálida y otra fría. Se caracterizan por ser de tipo tormenta o huracanado.

Las gotas de lluvia tienen un diámetro aproximado de 0,5mm, en forma de esfera. No tiene presencia significativa de elementos químicos. No obstante, el agua de lluvia contiene muchos sólidos y depende de la naturaleza por donde se escurre.

Las características fisicoquímicas del agua de lluvia son: El valor medio de conductividad eléctrica varía entre 10 y 50 $\mu\text{s}/\text{cm}$; el pH ácido entre 4,4 y 5,7 y el contenido de dióxido de carbono disuelto varía entre 1,0 y 3,2 mg/L. Sin embargo, los contenidos químicos y microbiológicos del agua de lluvia, depende si se recolecta en una región rural o una población urbana, por ejemplo, el agua llovida en la ciudad de México no es apta para el consumo humano directo, esto debido

Nubes Nimbostratus



a que además de contener microbios, también posee aluminio, plomo, zinc, mercurio, arsénico y níquel entre otros. Es decir, a mayor densidad poblacional, mayores efectos adversos presentan las precipitaciones pluviales, debido a que se remueven de la atmósfera, partículas y gases emitidas por fuentes naturales como la actividad volcánica y antropogénicas, como las emisiones vehiculares y la industria.

2. Lluvia de barro

Mi madre y nuestras abuelas indicaban, que nos cuidemos mucho de las primeras lluvias, porque estás acarreaban contaminantes peligrosos para la salud. Sin embargo, conversando con un amigo instructor de Spining, en el gimnasio que labora cada dos semanas al mes, en la Ciudad de México, me indicó en este mes de junio ha llovido barro esa enorme metrópoli. Interesado por el tema, he analizado el fenómeno, en donde la literatura se indica que este tipo de lluvias se producen cuando coinciden una serie de factores atmosféricos. En primer lugar, se necesita una masa de aire de aire seco cálido y seco, que al desplazarse, arrastra consigo partículas de polvo, arena del desierto, que pueden encontrarse a gran altura.

Cuando esta masa de aire cargada de polvo se encuentra con una masa de aire más fría y húmeda, se produce la condensación de vapor de agua y la formación de nubes. La lluvia que cae de estas nubes arrastra consigo las partículas de polvo y arena, depositándolas en las superficies en forma de barro.

La intensidad y la frecuencia de las lluvias de barro varían según la época del año y las condiciones meteorológicas. Se presenta por lo general en primavera y verano cuando las masas de aire cálido y seco son más frecuentes.

Las principales causas de la lluvia de barro, son:

- Tormentas de arena: generan grandes nubes de polvo que son arrastradas por los vientos.
- Erupciones volcánicas: liberan ceniza y polvo en la atmósfera.
- Contaminación humana: contribuyen con partículas en suspensión, en donde actividades industriales, como las quemas de combustibles fósiles, emitiendo muchos contaminantes que permanecen en el aire. Otro contribuyente muy importante, es la deforestación y la construcción que incrementan la cantidad de polvo y otros residuos en el ambiente.

Lógicamente, esta combinación de estas partículas sólidas y las condiciones meteorológicas, generan las características de coloración y textura de este tipo de precipitación. Por ejemplo, en otras latitudes como Indonesia y parte del Mediterráneo, se presentan las denominadas lluvias de sangre. Para efectos didácticos, ver las siguientes figuras 2 y 3

Evidentemente, a mayor industrialización, mayor contaminación en el aire y más posibilidad. En Ciudad de México, debido el tráfico vehicular sigue siendo la principal fuente de contaminación del aire, lo cual provoca en verano y primavera lluvia de barro.

En Costa Rica, en 1963 ante las erupciones del volcán Irazú vivimos lluvias de barro a causa de las cenizas expulsadas por el coloso de Cartago.

Por último, la lluvia de barro puede causar problemas de salud, principalmente relacionadas con afecciones respiratorias e irritación de piel y ojo. La inhalación de partículas de barro puede irritar de partículas de Barro puede irritar los pulmones, especialmente en personas con alergias o asma. Además, el barro puede irritar la piel y los ojos, causando dermatitis y conjuntivitis. También existe el riesgo de infecciones por bacterias presentes en el barro, especialmente si hay heridas o cortes.

La mejor forma para evitar los episodios de lluvias de barro, lo práctico en la prevención de la contaminación ambiental, los incendios forestales, la higiene y el uso de mascarilla por parte de las personas.



Figura 2. Lluvia de Barro en Ciudad de México



Figura 3. Luvia de Sangre Indonesia.

3. Lluvia Azul

La lluvia azul o más correctamente, la lluvia ácida, se produce cuando contaminantes como el dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) liberados a la atmósfera reaccionan con el agua, el oxígeno y otras sustancias químicas, formando ácidos como el ácido sulfúrico y ácido nítrico. Estas reacciones generalmente son provocadas por la actividad humana, como la quema de combustibles fósiles en plantas de energía, fábricas y vehículos. Las fuentes naturales como las erupciones volcánicas, también contribuyen a las emisiones de estos contaminantes. Es decir, existen fuentes antropogénicas fósiles, como: la combustión de carbón, petróleo y gas en plantas de energía, fábricas y vehículos libera grandes cantidades de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Además, las actividades industriales, como la metalurgia, también emiten este tipo de contaminantes. Aunado a estos, la calefacción, mediante calderas que utilizan combustibles, también contribuyen a la emisión de SO₂. Por su parte, las fuentes naturales como los volcanes liberan grandes y los incendios forestales producen SO₂ y ON_x, respectivamente. La descomposición microbiana, también pueden producir estos óxidos. En el caso de los óxidos de azufre y de nitrógeno, se mezclan y reaccionan con el agua, el oxígeno y otras sustancias químicas en la atmósfera. Estas reacciones químicas forman ácido sulfúrico (H₂SO₄) y ácido nítrico (HNO₃), los cuales se disuelven fácilmente en agua y pueden ser transportados por el viento a largas distancias causando contaminación ácida en áreas remotas. Lógicamente, este tipo de lluvia puede causar daños a la salud humana, principalmente a través de la exposición a gases contaminantes que la originan, como el mencionado dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Estos gases pueden irritar las vías



respiratorias, desencadenar enfermedades respiratorias como el asma y la bronquitis.

respiratorias, desencadenar enfermedades respiratorias como el asma y la bronquitis.

En resumen, la lluvia ácida es un problema ambiental causado principalmente por la actividad humana, que emite gases contaminantes a la atmósfera que luego reaccionan para formar ácidos, que caen en la tierra en forma de lluvias, nieve o niebla. Algunas de las zonas más afectadas incluyen: Europa Oriental, el este de los EUA, sureste de Canadá, el sureste de China y Taiwán, así como partes de Rusia y diferentes países del centro y norte de Europa. Lógicamente, la lluvia ácida tiene efectos negativos en el medio ambiente incluyendo daños a bosques, acidificando los suelos y los cuerpos de agua y los ecosistemas acuáticos, perjudicando lagos y ríos, dañando peces, anfibios y otros organismos acuáticos. Además, pueden producir daños a infraestructuras, mediante la corrosión de edificios, monumentos y estructuras metálicas, causando daños materiales. Es decir, es en realidad una calamidad causada por los seres humanos y las erupciones volcánicas.

4. Lluvia negra de Hiroshima

En otros artículos anteriores, he abordado los temas, titulados: "Lluvia de Verano", "Lluvia de Barro", "Lluvia Roja" y "Lluvia Azul". En esta ocasión, me corresponde desarrollar, la "Lluvia Negra de Hiroshima", la cual se refiere a las precipitaciones después de la explosión de la bomba atómica, por parte de EUA a Japón el 6 de agosto de 1945. Este mismo episodio lamentable, se repitió en Nagasaki, tres días después. Estas lluvias, tenían una consistencia similar al alquitrán, contenían materiales de ceniza, lluvia radiactiva y agua, causando graves problemas de salud a las personas que estuvieron expuestas. Esta lluvia causó quemaduras por radiación, daños respiratorios y otras enfermedades relacionadas con la radiación. A los supervivientes de esta lluvia negra, eran conocidos como "hibakusha", enfrentaron dificultades para ser reconocidos oficialmente para la asistencia médica.

La lluvia negra contaminó el agua y los cultivos, lo cual afectó a la población que vivía en zonas afectadas, impactando a largo plazo efectos duraderos en la salud de las personas, como cáncer y cataratas.

Aproximadamente 110.000 y 210.000 personas fueron afectadas por ambas explosiones, tanto en Hiroshima y Nagasaki, respectivamente, en donde los incesantes incendios, utilizando el agua contaminada de las precipitaciones como recurso principal para saciar a los heridos. Las víctimas quedaron diferenciadas entre los que sufrieron una muerte inminente, y los que sobrevivieron, pero perecieron a los pocos meses o años tras verse expuestos al ambiente radioactivo. Una de las consecuencias más notorias que se percibieron entre los enfermos, fue lograr el récord de temperatura corporal más alto registrado hasta el momento (superior a los 40 grados centígrados). Otros síntomas fueron los casos de diarrea, alopecia y la incisión de manchas púrpuras bajo la piel.

De forma conmemorativa desde 1955 "El Museo Memorial de la Paz de Hiroshima", recuerda a las víctimas de este atroz suceso, con instantáneas y objetos provenientes del lugar de la explosión. Evidentemente, los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki representan

un hito oscuro en la historia, resaltando los horrores de la guerra nuclear y las consecuencias devastadoras de las armas atómicas.

Por último, este es el escrito más cruel sobre las diferentes lluvias que he desarrollado, el cual refleja la maldad humana, tanto del Imperio Estadounidense, como del Imperio Japones. Espero en Dios, que estos episodios no vuelvan a suceder, aunque de los seres humanos se puede esperar cualquier catástrofe.



5. Lluvia de verano

Uno de los aromas que guardamos en nuestra memoria es el olor de la tierra mojada después de una ligera lluvia de verano, el cual es uno de los olores más placenteros que nos regala la naturaleza. Esta fragancia fue bautizada "petrichor" en 1964 por un equipo de investigadores australianos quienes descubrieron que el aroma es provocado por una combinación de aceites de plantas y el compuesto químico, denominado geosmina que se libera del suelo tras una precipitación. El como se produce este olor a tierra mojada, fue descubierto por científicos del Instituto de Massachusetts, al filmar las gotas de aguas en cámara lenta, observando que cuando una gota golpea una superficie porosa, se forman pequeñas burbujas en su interior. Al igual que ocurre en una copa de champán las gotas suben y alcanzan la superficie, se rompen y liberan una efervescencia de aerosoles. Estas partículas diminutas quedan suspendidas en el aire y luego son esparcidas por el viento.

El experimento fue llevado a cabo en el Laboratorio, pero los investigadores deducen que, en un entorno natural, los aerosoles pueden transportar no solo sustancias aromáticas, sino también bacterias y virus almacenados en el suelo.

El petricor es una combinación de compuestos químicos fragantes, producido por plantas, en donde participan bacterias denominadas "actinobacterias", provocando su subproducto orgánico llamado "geosmina", el cual contribuye al olor agradable de petrichor. La geosmina o gemir es un tipo de alcohol, con fuerte olor, pero la estructura química lo hace especialmente notable para personas incluso a niveles extremadamente bajos, por lo que nuestras narices pueden detectar solo unas pocas partes de geosmina por billón de moléculas de aire.

La fragancia se presenta cuando antecede un periodo prolongado de sequedad, en donde la actividad de la actinobacteria se ralentiza, pero justo antes de una lluvia, el aire se vuelve húmedo y el suelo comienza a mojarse, acelerando la actividad de este tipo de bacteria, produciendo más geosmina. Por último, no dudo que a leer este pequeño escrito vendrá a su memoria el agradable olor de la lluvia de verano.



6. Observaciones relevantes.

Las características fisicoquímicas del agua de lluvia, dependen de la industrialización y la densidad de población de las comunidades rurales y urbanas, por ejemplo, el "agua de barro" en ciudad de México o, la "lluvia de sangre en Indonesia.

La contaminación producida por los conflictos bélicos, como lo sucedido en Hiroshima y Nagasaki en Japón, el 6 y 9 de agosto de 1945, provocó la "lluvia negra", cargada de material radioactivo, matando aproximadamente a 210.000 habitantes.

Las actividades volcánicas, como la acaecida en el Valle Central de Costa Rica, debido a las expulsiones de ceniza del volcán Irazú, provocó lluvia negra o gris, en el periodo 1961-1963.

Evidentemente, el agua de lluvia no es sinónimo de agua potable, debido a sus condiciones químicas.

¡El olor característico de la transición de las lluvias de verano a invierno, es causado por las bacterias denominadas Actinobacterias, residentes en los suelos, en los meses de verano.



Figura 4. Gota de agua al caer al suelo



Figura 5. Bacteria Actinobacillus o Acinetobacter

BUENAS NOTICIAS PARA CALIFORNIA: MÁS AGUA POTABLE EN TIEMPOS DE INCERTIDUMBRE CLIMÁTICA



En un estado acostumbrado a vivir entre sequías prolongadas, lluvias extremas y una presión creciente sobre sus fuentes de abastecimiento, cada nuevo galón de agua cuenta. California acaba de sumar 2,9 mil millones de galones de agua potable a su sistema, un avance que vuelve a colocar la seguridad hídrica en el centro de la agenda pública y económica.

El anuncio fue realizado por **Gavin Newsom**, quien destacó que este incremento no es fruto de un fenómeno climático fortuito, sino del resultado directo de **inversiones sostenidas en infraestructura, tratamiento avanzado y resiliencia hídrica**.

La información fue dada a conocer por el diario **Clarín**, a partir de un comunicado oficial de la Oficina del Gobernador, en un momento clave: aunque las lluvias recientes ayudaron a recuperar embalses, los especialistas coinciden en que **California no puede depender de ciclos climáticos impredecibles** para garantizar agua a su población.

Agua nueva, producida localmente

Según el gobierno estatal, los **2,9 mil millones de galones** incorporados al sistema provienen de una combinación de proyectos estratégicos que apuestan por producir agua cerca de donde se consume. Entre ellos destacan plantas de tratamiento avanzadas capaces de transformar aguas residuales en agua potable segura, proyectos de recarga de acuíferos para almacenar excedentes en épocas húmedas y la modernización de sistemas municipales con altos niveles de pérdidas.

Este enfoque responde a una lógica clara: **cada galón producido localmente reduce la dependencia de fuentes externas**, muchas de ellas vulnerables al cambio climático, como el deshielo de la Sierra Nevada o los grandes trasvases interestatales. Newsom fue enfático al señalar que estas inversiones no solo suman volumen, sino que **mejoran la confiabilidad del sistema**.

Tecnología y planificación a largo plazo

Las nuevas incorporaciones de agua forman parte del Water Resilience Portfolio, la estrategia integral de California para enfrentar la crisis hídrica desde múltiples frentes. Este plan combina almacenamiento, calidad del agua, eficiencia, conservación y protección de ecosistemas, alineándose con recomendaciones de organismos internacionales como el Banco Mundial y el PNUMA, que insisten en diversificar fuentes y reducir la vulnerabilidad climática de los sistemas urbanos.

Diversos estudios académicos y reportes técnicos – incluidos análisis del Public Policy Institute of California (PPIC)– coinciden en que la reutilización potable, la recarga gestionada de acuíferos y la reducción de fugas representan algunas de las herramientas más costo-efectivas para garantizar agua en regiones semiáridas.

Impacto social y territorial

Uno de los aspectos más relevantes del anuncio es su enfoque en comunidades vulnerables. Durante años, zonas rurales del Valle Central han enfrentado problemas persistentes de acceso a agua potable segura. Parte de las nuevas inversiones se destinaron precisamente a estas regiones, donde la calidad del agua ha sido una preocupación histórica.

El gobierno estatal subraya que fortalecer la infraestructura hídrica no solo mejora el acceso, sino que reduce desigualdades territoriales, una dimensión cada vez más visible en el debate global sobre agua y cambio climático.

Agua y economía: un vínculo inseparable

Para Newsom, la seguridad hídrica no es solo una cuestión ambiental, sino uno de los pilares del crecimiento económico de California. Agricultura, industria, tecnología y desarrollo urbano dependen de un suministro confiable. Sin agua, advierte el mandatario, cualquier estrategia de desarrollo queda expuesta a crisis recurrentes.

Medios internacionales como Reuters y The New York Times han señalado en reportajes recientes que estados como California están marcando el camino hacia un nuevo modelo de gestión del agua, basado menos en grandes obras tradicionales y más en infraestructura distribuida, innovación tecnológica y planificación adaptativa.

Una señal para el futuro

El aumento de 2,9 mil millones de galones no resuelve por sí solo los desafíos hídricos de California, pero envía una señal clara: invertir de forma constante y estratégica sí genera resultados concretos. En un mundo donde el agua será cada vez más un factor de estabilidad social y económica, el caso californiano ofrece lecciones valiosas para otras regiones expuestas al estrés hídrico.

La pregunta ya no es si habrá sequías en el futuro, sino qué tan preparados estarán los sistemas para enfrentarlas. California, al menos en este capítulo, parece haber decidido no dejar esa respuesta al azar del clima.



SÃO PAULO SE ENFRENTA A UNA CRISIS DE AGUA POR SEQUÍA EXTREMA



São Paulo, la megalópolis de Brasil y el área urbana más poblada de América Latina, se enfrenta a una grave crisis hídrica, ya que la región está experimentando las precipitaciones más bajas de la última década, lo que ha provocado que su principal embalse se reduzca a meros arroyos rodeados de tierra agrietada. La ciudad, con 22 millones de habitantes, lleva mucho tiempo siendo vulnerable a la escasez de agua, al igual que otras ciudades como Ciudad de México, Ciudad del Cabo y Chennai.

Según la agencia meteorológica brasileña, INMET, São Paulo ha sufrido tres años consecutivos de precipitaciones por debajo de la media, lo que ha contribuido a la crisis actual. La agencia de agua y saneamiento del país, ANA, informa de que el principal embalse de la ciudad, que abastece de agua a nueve millones de personas,

funciona ahora a menos del 18 % de su capacidad. Esta situación se acerca a los niveles observados durante la devastadora sequía de 2014, cuando los embalses de São Paulo estuvieron a punto de colapsar.

La superficie del embalse está prácticamente seca, solo la atraviesan pequeños arroyos, y la tierra circundante está agrietada y reseca. "Desde agosto, el nivel del agua no ha dejado de bajar. Es muy preocupante, cada día vemos cómo se reduce", afirma Daniel Bacci, propietario de una posada cerca del embalse de Jaguari-Jacareí. "La semana pasada llovió un poco, pero no fue suficiente para elevar el nivel del agua".

La superficie del embalse está prácticamente seca, solo la atraviesan pequeños arroyos, y la tierra circundante está agrietada y reseca

En respuesta a la disminución del suministro de agua, el gobierno del estado de São Paulo anunció en octubre nuevas medidas de racionamiento, que podrían reducir la presión del agua en las tuberías hasta 16 horas al día, en comparación con las 12 horas anteriores. Si el embalse alcanza niveles cercanos a cero, se implementarán cortes de agua rotativos en varias regiones.

La situación en São Paulo refleja la creciente preocupación mundial por la escasez de agua en zonas densamente pobladas que se enfrentan a condiciones de sequía extrema. En los últimos años, ciudades como Ciudad del Cabo y Chennai se han enfrentado a crisis similares, mientras que en 2023, los habitantes de Montevideo (Uruguay) recurrieron al agua embotellada cuando sus embalses descendieron a niveles peligrosamente bajos.

A pesar de albergar el 12 % del agua dulce del mundo, el suministro de agua de Brasil está distribuido de forma desigual, ya que gran parte de ella se encuentra en la selva amazónica y no en los principales centros urbanos. Además de la sequía, problemas como la contaminación, el rápido crecimiento urbano y el envejecimiento de las infraestructuras han agravado la situación, poniendo a millones de residentes en riesgo de sufrir una grave escasez de agua.



TONANTZIN: EL AGUA VIVA Y LA MADRE DE LA TIERRA EN LA COSMOVISIÓN MEXICA



Introducción: el agua como vientre del mundo Tonantzin: Madre Tierra, Madre Agua

En las culturas mesoamericanas, el agua no era solo un recurso físico sino un **ser sagrado**, un tejido que unía a los seres humanos con la naturaleza, el tiempo y los dioses. Entre los mexicas, pocas figuras expresan mejor esta conexión que **Tonantzin, “Nuestra Madre”**, un título reverencial que representaba a la Madre Tierra en sus diversas manifestaciones.

Aunque Tonantzin abarcaba múltiples advocaciones – Coatlicue, Chalchiuhtlicue, Teteoinnan y otras diosas de la fertilidad–, todas compartían un elemento común: **el agua como origen, nutrición y destino de la vida.**

Este artículo explora cómo Tonantzin simboliza el **agua que da vida**, el **agua que limpia** y el **agua que renueva**, desde su rol en los ciclos agrícolas hasta su presencia en rituales y en la memoria cultural mexicana.

El concepto de Tonantzin trasciende una figura particular: es la **madre primordial**, el cuerpo vivo del territorio. Para los mexicas, la tierra y el agua no estaban separadas; eran manifestaciones complementarias de un mismo principio femenino.

En este sentido:

- **La tierra (tlalli)** es el cuerpo de Tonantzin.
- **El agua (atl)** es su sangre, su leche, su energía circulante.

De esta relación surge la idea de que el agua **brot**a de Tonantzin, alimenta las semillas, hidrata el suelo y retorna a ella en forma de lluvia, lagos, ríos y manantiales.

El agua es, por tanto, **expresión fluida de la maternidad cósmica.**



Las advocaciones acuáticas de Tonantzin

Tonantzin-Chalchiuhtlicue: Señora de las Aguas Dulces

Chalchiuhtlicue, "La de la Falda de Jade", era una de las diosas más estrechamente vinculadas al nombre Tonantzin.

Simbolizaba:

- Las aguas terrestres: lagos, ríos, ojos de agua.
- La purificación y el renacimiento.
- Los partos, pues el nacimiento humano se asociaba al "romper de las aguas".

Como Tonantzin-Chalchiuhtlicue, las aguas dulces eran el útero del mundo, donde todo comienza y al que todo vuelve.

Tonantzin-Coatlicue: la matriz húmeda de la creación

Coatlicue, asociada a la fertilidad de la tierra, representaba la capa húmeda que germina la vida.

Sus atributos remiten a:

- La humedad del suelo,
- Las lluvias tempranas que anuncian el ciclo agrícola,
- El agua almacenada bajo la tierra.

Su función materna era inseparable del manejo del agua como recurso vital para el maíz, fundamento de la vida mesoamericana.

El agua como acto maternal: rituales y ofrendas

- En los templos y rituales dedicados a Tonantzin y sus advocaciones acuáticas, el agua era protagonista.

Ofrendas comunes incluían:

- Vasijas llenas de agua de manantial.
- Chalchihuites (piedras verdes) relacionadas con la luz del agua.
- Flores acuáticas, como nenúfares.
- Maíz remojado para simbolizar la germinación.

El acto ritual reflejaba una verdad cosmológica:

El agua es la leche de Tonantzin, alimento primero de la humanidad.

Tonantzin y el ciclo agrícola: el maíz como hijo del agua

Para los mexicas, la agricultura era un diálogo permanente con Tonantzin, una coordinación entre:

- las lluvias de Tlaloc,
- las aguas dulces de Chalchiuhtlicue,
- y la tierra fértil de Coatlicue.

Sin agua no había nacimiento, y sin nacimiento no había maíz, sustento de la vida.



Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

“Fortaleciendo la capacidad técnica de profesionales, de las áreas de ingeniería o licenciatura, relacionadas con procesos productivos, ambiente, tecnología y gerencia.”

Brindamos


- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS DE P+L
- AUDITORÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EMPRESAS DE DIVERSOS SECTORES INDUSTRIALES.
- DIAGNÓSTICO DE P+L ENFOCADO EN EL RECURSO AGUA (CONSUMO Y REDUCCIÓN DE CONSUMO, EFLUENTES, ETC.).
- DIAGNÓSTICO DE P+L ENFOCADO EN MATERIALES Y GENERACIÓN DE RESIDUOS.


- DISEÑO DE PROGRAMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL.
- ASESORÍA PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS MÁS LIMPIAS.
- CAPACITACIONES EN P+L



 (505)2270-1517 / 815-27314

 atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni

 piensa.uni.edu.ni

 Avenida Universitaria, frente a la escuela de danza UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**¡Juntos...
Somos el
ambiente**



RAMOS MOLINA
Arquitectura e Ingeniería



— Servicios de —
Dibujo, Diseño y Supervisión

Contactarse Celular: 86255858

Correo: arquitectaramos@gmail.com



AGUA

Agradeceremos su patrocinio

OPCIONES DE PUBLICIDAD Y FUNCIONES PUBLICITARIAS

Costos en 2026

DIMENSIONES

Entre 50 y 70 páginas. 💧

Tamaño carta (8,5 x 11"). 💧




Espacio publicitario	Costo US\$
Portada interna	\$200
1 página	\$100
Publirreportaje por página	\$100
Bisagra	\$300
1/2 Página	\$75
1/4 Página	\$50
Contraportada interior	\$100
Contraportada	\$100

Equivalente a la tasa de cambio del Banco Central el día acordado

**En la Revista Agua # 17 de Mayo 2026:
El Museo Histórico de las Aguas de Tokio**

EDICIÓN #16 ISSN # 3007-860

 **東京都水道歴史館**
TOKYO WATERWORKS HISTORICAL MUSEUM

LA REVISTA AGUA

Es una publicación especializada en agua potable, saneamiento y recursos hídricos.
Edición digital bimestral.

Editor responsable: Nelson Medina Rocha

Dirección editorial: Managua, Nicaragua y CDMX, México.

Registro de Propiedad Intelectual MIFIC: OL-1103-2025

International Standard Serial Number (ISSN): 3007-860.

Revista AGUA es una publicación digital internacional dedicada a la difusión de conocimientos técnicos, científicos y culturales relacionados con el agua, el saneamiento y la sostenibilidad hídrica. Las opiniones expresadas por los autores son responsabilidad exclusiva de ellos y no reflejan necesariamente la posición editorial de la revista.

© 2026 Revista AGUA. Todos los derechos reservados.

WWW.REVISTAAGUA.ORG

REVISTA DIGITAL

