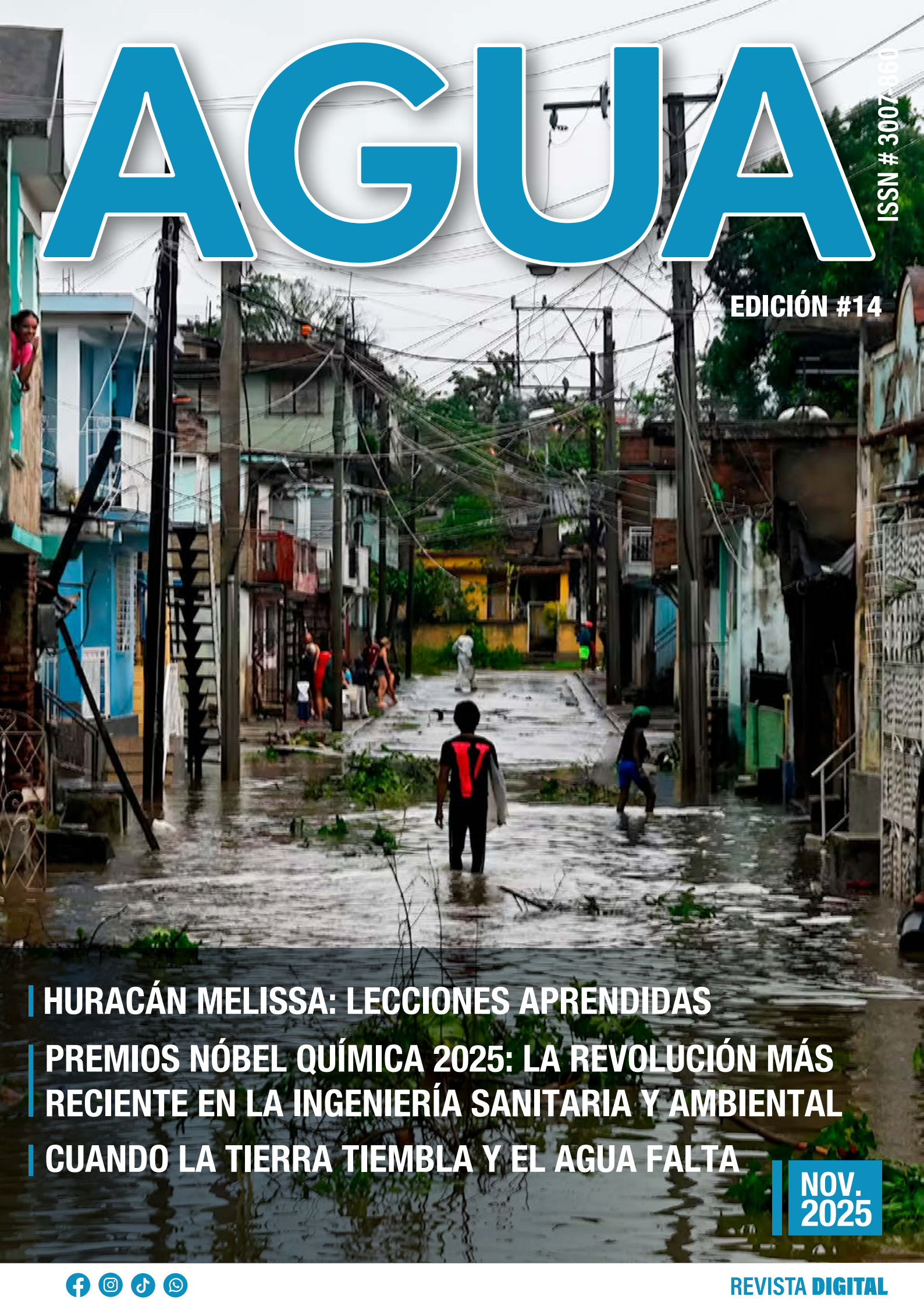


AGUA

ISSN # 3007-860

EDICIÓN #14



| HURACÁN MELISSA: LECCIONES APRENDIDAS

**| PREMIOS NÓBEL QUÍMICA 2025: LA REVOLUCIÓN MÁS
RECIENTE EN LA INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

| CUANDO LA TIERRA TIEMBLA Y EL AGUA FALTA

**NOV.
2025**



REVISTA DIGITAL

McGregor

CULTURA DE FELICIDAD Y BIENESTAR



DIVISIÓN HIDRÁULICA

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

En la división hidráulica nos dedicamos al diseño, suministro e instalación de sistemas de abastecimiento de agua. Nuestra vasta experiencia desde 1938 en sistemas municipales, riego, industrial, doméstico y en la explotación de recursos hídricos provenientes de cualquier cuerpo de agua, nos han colocado a la vanguardia del manejo de agua en Nicaragua. Nuestro enfoque yace alrededor de lograr la máxima eficiencia en el uso del agua y en el costo energético.



▪ AGUA POTABLE ▪ AGUAS RESIDUALES ▪ CONTRA INCENDIOS
▪ POZOS ▪ INDUSTRIAL & MUNICIPAL



PROYECTOS DIVISIÓN HIDRÁULICA

En la división de proyectos hidráulicos: Diseñamos, suministramos e instalamos sistemas de abastecimiento de agua, tales como:

- Sistemas de protección contra incendios
- Sistemas de presión constante
- Sistemas de bombeo y rebombeo municipales
- Plantas de tratamiento de aguas residuales
- Sistemas de desinfección mediante cloración, rayos ultravioletas, ozono, etc.
- Equipamiento de pozos con su tubería de revestimiento.

McGregor

CULTURA DE FELICIDAD Y BIENESTAR

NUESTRA CULTURA

¿PORQUE HACEMOS LO QUE HACEMOS?

Porque nos apasiona mejorar la calidad de vida brindando felicidad y bienestar a nuestros colaboradores, sus familias, nuestros clientes y comunidad en general.



¿QUE ES LO QUE HACEMOS?

Proveemos soluciones tecnológicas integrales y confiables que mejoran la eficiencia y rentabilidad de nuestros clientes.



¿CÓMO LO HACEMOS?

Por medio de nuestros valores



Confiabilidad



Bienestar y Felicidad



Actitud Positiva



Trabajo en Equipo



Excelencia



La mayor gama de soluciones en PVC-O para el transporte de agua

DN90 a DN1200 mm
PN12.5 a PN25 bar

Apta para consumo
humano y agrícola

Gran resistencia
al golpe de ariete

Más de 100 años
de vida útil.

mexico.info@molecor.com

Del 25 al 27 de noviembre en

LEÓN

aneas

XXXVII CONVENCIÓN ANUAL Y EXPO 2025

Stand 21

Total estanqueidad

DN110 a DN400 mm
PN16 bar

Total
estanqueidad

Inmunidad a la
corrosión

www.molecor.com

ÍNDICE



9

HURACÁN MELISSA:
LECCIONES
APRENDIDAS



32

LUCES BRILLANTES PERO
TITILANTES DE UN SUMINISTRO Y
GESTIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA
SOSTENIBLE Y COMUNITARIA:
LAS ASADAS EN COSTA RICA



13

PREMIO NOBEL DE
QUÍMICA 2025:
LA REVOLUCIÓN MÁS
RECIENTE EN LA
INGENIERÍA SANITARIA
Y AMBIENTAL



36

FORTALECIENDO EL SECTOR
WASH EN AMÉRICA LATINA: LA
EXPERIENCIA DE CAWST EN
COLABORACIÓN, CAPACITACIÓN Y
DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO



16

DEL TEQUILA AL AGUA
LIMPIA: INNOVACIÓN
MEXICANA QUE
CONVIERTE RESIDUOS
EN SOLUCIONES
SOSTENIBLES



43

AYA: PASADO, PRESENTE
Y FUTURO



20

PERROS CENTINELAS
DEL AGUA: CUANDO
LA SALUD AMBIENTAL
LADRA ANTES QUE HABLA



45

EVALUAR PARA TRANSFORMAR:
POR QUÉ LA EVALUACIÓN DE
PROYECTOS DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO SANITARIO
IMPORTA



23

ROBERT MANNING
EL AUTODIDACTA
QUE DIO LENGUAJE
AL FLUJO DEL AGUA



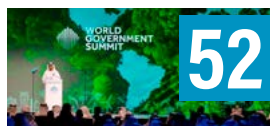
47

HURACANES Y SERVICIOS
DE AGUA EN REPÚBLICA
DOMINICANA: QUÉ PASÓ
Y QUÉ APRENDIMOS



26

EVALUACIÓN DE
ALTERNATIVAS DE
AGUA POTABLE Y/O
SANEAMIENTO



52

EL AGUA COMO PACTO
EMPRESARIAL: EL SECTOR PRIVADO
ANTE EL DESAFÍO DEL ODS 6



56

AMÉRICA LATINA:
EL CONTINENTE DEL AGUA
QUE SUFRE SED



63

LA HIDRATACIÓN Y SU EFECTO EN
LAS ARTICULACIONES

Nota del editor

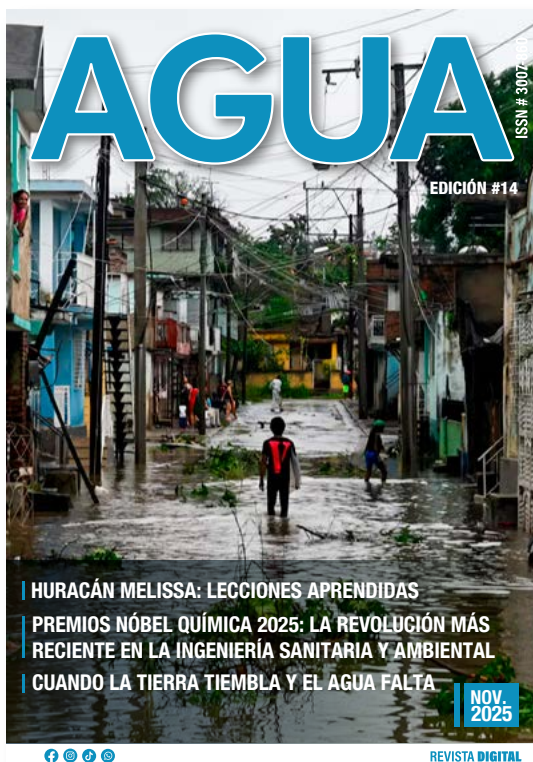
En este mes de noviembre estamos apenas saliendo de la época del invierno en el Hemisferio Norte y también estamos saliendo de la temporada de huracanes 2025.

Melissa nos sorprendió este año con su comportamiento errático pero sobre todo por su fuerza. De categoría 5, sus vientos cayeron sobre Jamaica y dejaron 32 muertes, 13 heridos y pérdidas económicas por 6,000 a 7,000 millones de dólares, según estimaciones de las autoridades.

Estas cifras pudieron ser mayores, según se desprende de la investigación que hicimos en reportes de este bello país caribeño. La prevención, como siempre, fue la clave. Las lecciones aprendidas de los hermanos de Jamaica son invaluable. Ojalá los demás países del caribe aprendamos de ellos para que los efectos en los siguientes años sean menores.

Y aunque los terremotos no son estacionales ni avisan, como los huracanes, son eventos del planeta que son recurrentes. Los hermanos de Chile, que han vivido los terremotos más intensos en todo el continente, han sufrido los embates de la naturaleza pero cada vez aprenden algo nuevo y hoy la evolución los han llevado a normar estos aprendizajes. En esta materia, Chile es un laboratorio en donde se prueban nuevas medidas para ser más resilientes al momento de prepararse así como para levantarse pronto de la ocurrencia de los terremotos.

En este año 2025 los premios nobel de Química trajeron consigo una revolución en la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Se prevé que nuevas tecnologías y luego nuevas empresas se encargarán de aprovechar los descubrimientos que fueron premiados por el Nobel.



Buenos amigos de la Revista Agua nos vuelven a apoyar con sus valiosos aportes, como son el Ingeniero Sergio Tercero Talavera, Maestro en Ingeniería Sanitaria e investigador nicaragüense; el Dr. Darner Mora, Salubrista público costarricense, los amigos de CAWST, de Canadá y de la Fundación FUNDESARH, de Colombia. Muchas gracias por su participación en esta edición.

A solicitud de algunos lectores, hemos decidido continuar publicando biografías breves de gigantes de la hidráulica. Así como en la edición anterior dimos a conocer la vida de Hazen y Williams, en esta ocasión damos a conocer detalles de Roberto Manning.

Se acerca el fin de año 2025 por lo que aprovechamos la ocasión para seguir agradeciendo siempre a nuestros patrocinadores y lectores. Su apoyo es invaluable en esta labor inagotable de hacer conciencia del valor del agua en nuestras vidas y en la del planeta.

Esperamos estar con ustedes en todo el año 2026, con las ediciones de la # 15 a la 20, si Dios lo permite. Además de compartir noticias frescas, interesantes e importantes sobre el agua, también facilitaremos de varias maneras la enseñanza del agua, bien sea con charlas técnicas, cursos o eventos. De hecho, la edición de Enero llevará algunas de las presentaciones que se presenten en NICARAGUASAN 2025.

¡¡¡FELIZ NAVIDAD 2025 Y UN PRÓSPERO AÑO 2026!!!

EQUIPO EDITORIAL

Director y Editor: revistaagua@outlook.com
MSc. en Ingeniería Ambiental, Nelson Medina Rocha Cel. (505) 8855 0144

Diagramación: highquality.dc@gmail.com
Lic. Oscar Céspedes, Director High Quality. Cel. (505) 7721 5453

Editor página web: allan.herrera@prixup.com
Lic. Allan Herrera. Cel. (505) 5811 7783

COLABORADORES

Darner Mora, Costa Rica
Sergio Tercero T., Nicaragua
CAWST, Canadá
FUNDASERH, Colombia

DISTRIBUCIÓN, con el agradecimiento a:

Rural Water and Sanitation Network (RWSN) y Skat Foundation: **Global**
Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA): **Global**
AIDIS: **Presidentes de 34 capítulos de AIDIS en el Continente Americano**
FCEA A.C.: **México**
RASGUA: **Guatemala**
PTPS: **Honduras**
Instituciones, Sector Privado, UNI a través de PIENSA y RASNIC: **Nicaragua**
APEMETA: **Portugal**

Patrocinadores de esta Edición:

McGregor
CULTURA DE FELICIDAD Y BIENESTAR

 **MOLECOR**
México


HIDRÁULICA

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



HURACÁN MELISSA: LECCIONES APRENDIDAS

EL PASO DEL HURACÁN MELISSA (CATEGORÍA 5) ENTRE EL 28 Y EL 30 DE OCTUBRE DE 2025 DEJÓ UNA HUELLA PROFUNDA EN LAS ISLAS DEL CARIBE. MÁS ALLÁ DE LOS DAÑOS MATERIALES, EL EVENTO PUSO A PRUEBA LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO (WASH), ESPECIALMENTE EN JAMAICA, SANTA LUCÍA, DOMINICA Y BARBADOS.

A PARTIR DE LOS INFORMES TÉCNICOS DE LA OPS/PAHO, LA AGENCIA CARIBEÑA PARA EL MANEJO DE EMERGENCIAS EN DESASTRES (CDEMA) Y LAS EMPRESAS DE AGUA LOCALES, SURGEN LECCIONES QUE ORIENTAN EL CAMINO HACIA UNA INFRAESTRUCTURA MÁS RESISTENTE Y ADAPTATIVA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Preparación y Continuidad Operativa

Una de las principales enseñanzas del huracán Melissa fue la importancia de la redundancia energética en los sistemas de bombeo y tratamiento. Numerosas plantas quedaron inactivas por cortes eléctricos, afectando a más de un millón de personas.

La experiencia confirma la necesidad de los microcircuitos en redes de AP, paneles solares y generadores probados periódicamente, así como reservas estratégicas de combustible para mantener la operación mínima.

Asimismo, la preposición de insumos críticos (cloro, repuestos, tuberías, kits de prueba y filtros) en distintos puntos geográficos evita los bloqueos logísticos tras el impacto.

Protección de Fuentes y Sistemas de Abastecimiento

El huracán mostró la vulnerabilidad de las captaciones en zonas bajas y costeras. La intrusión salina, los arrastres y la turbidez extrema afectaron los sistemas que dependen de fuentes superficiales.

Se recomienda elevar cabezales de pozos, sellar ventilaciones, instalar barreras antideslizamientos y disponer de unidades móviles de tratamiento para activar en caso de emergencia.

Los sistemas sectorizados e independientes permitieron mantener presión mínima en hospitales y refugios, lo que resalta el valor operativo de la macrosectorización hidráulica.

Calidad del Agua y Salud Pública

Tras el huracán, se registraron múltiples brotes de diarrea y contaminación bacteriana. Las acciones más efectivas fueron la cloración de choque, la distribución de tabletas potabilizadoras y las campañas de educación pública sobre hervido de agua.

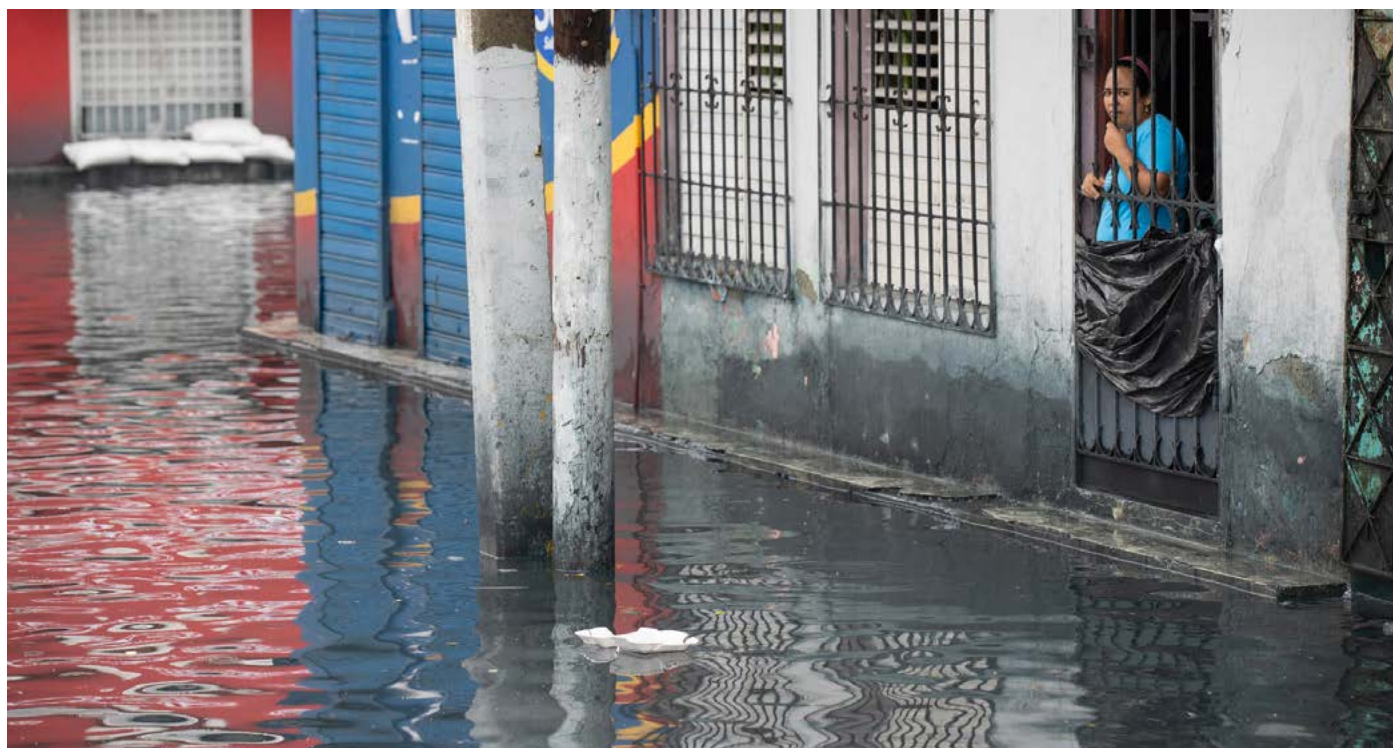


El monitoreo intensivo de cloro residual, turbidez y E. coli debe mantenerse durante semanas después del impacto, especialmente en redes secundarias y tanques familiares.

Saneamiento y Gestión de Lodos

El desbordamiento de sistemas de alcantarillado y fosas sépticas fue uno de los mayores retos sanitarios. Los países que contaban con válvulas antirretorno, estaciones de bombeo con respaldo y protocolos de bypass controlado minimizaron los impactos.

En albergues temporales, la disponibilidad de baños portátiles y módulos sanitarios con gestión de residuos y suministros de higiene menstrual evitó crisis sanitarias mayores.



La gestión segura de lodos tras la inundación –recolección, transporte y disposición final– fue esencial para prevenir recontaminación.

Coordinación y Logística Insular

La respuesta efectiva dependió de la coordinación multisectorial. Las agencias de agua, salud, gobiernos locales y organizaciones humanitarias crearon tableros conjuntos para mapear daños y priorizar restablecimientos.

El uso de puertos alternos, helipuertos y acuerdos logísticos previos con navieras y fuerzas de seguridad resultó crucial para el ingreso de cloro, bombas y generadores.

Comunicación Comunitaria y Protección Social

Las campañas de mensajería de riesgo por radio, redes sociales y WhatsApp lograron orientar a las comunidades sobre el manejo del agua y los desechos.

La inclusión de pictogramas, lenguaje claro y apoyo local mejoró la comprensión en poblaciones rurales.

Los grupos vulnerables –niños, mujeres embarazadas y adultos mayores– deben ser prioridad en la provisión de agua segura y saneamiento temporal.

Reducción del Riesgo a Mediano Plazo

Melissa evidenció la urgencia de revisar las normas de diseño de infraestructura hidráulica frente a eventos extremos.

Se propone incorporar cargas estructurales para vientos y lluvias de categoría 5, reforzar cubiertas, anclajes y drenajes.

La restauración de cuencas, laderas y coberturas forestales se reconoce como medida clave de protección de fuentes, combinando soluciones basadas en la naturaleza y obras hidráulicas.

Además, se recomienda establecer seguros paramétricos y fondos de contingencia que garanticen la reconstrucción bajo el principio build back better.

Monitoreo y Evaluación Post-Desastre

El uso de SCADA y telemetría con respaldo energético permitió monitorear presiones y niveles de cloro aun cuando fallaban las comunicaciones.

Las evaluaciones rápidas WASH, utilizando matrices 4W/5W1H, facilitaron la toma de decisiones basada en evidencia para priorizar intervenciones.

Conclusión

El huracán Melissa no solo desafió la capacidad de respuesta del Caribe, sino que ofreció una lección invaluable sobre la interdependencia entre agua, energía y resiliencia social.

Las inversiones en infraestructura robusta, protocolos de emergencia, tecnología y gobernanza participativa no son un lujo: son el nuevo estándar de supervivencia en un clima cambiante.

La región del Caribe, con su experiencia, puede ahora convertirse en un laboratorio vivo de resiliencia hídrica y saneamiento adaptativo, ejemplo para toda América Latina.

Bibliografía investigada

Organización Panamericana de la Salud (OPS/PAHO), Hurricane Melissa Situation Report #3, octubre 2025.

Caribbean Disaster Emergency Management Agency (CDEMA), Regional WASH Coordination Summary, noviembre 2025.

Jamaica National Water Commission, Post-Hurricane Melissa Water Service Recovery Update, 2025.

Banco Mundial, Climate Resilience in Water Utilities – Lessons from the Caribbean, 2024.





PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2025: LA REVOLUCIÓN MÁS RECIENTE EN LA INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

¿AGUA POTABLE DEL DESIERTO?
¿DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS
RESIDUALES INDUSTRIALES? ¿CAPTURA
DE CO₂ DE FÁBRICAS? TODO ESTO CON UN
SOLO INVENTO?

SUSUMU KITAGAWA, RICHARD ROBSON
Y OMAR M. YAGHI REVOLUCIONAN LA
QUÍMICA CON LOS MARCOS
METAL-ORGÁNICOS (MOF)

El Premio Nobel de Química 2025 fue otorgado a tres científicos visionarios –Susumu Kitagawa (Japón), Richard Robson (Australia) y Omar M. Yaghi (EE. UU.)– por crear una nueva arquitectura molecular con la capacidad de almacenar, purificar y transformar sustancias vitales como el agua, el dióxido de carbono o el hidrógeno.

Su descubrimiento, los marcos metal-orgánicos (MOF), representa una de las innovaciones más prometedoras del siglo XXI, con aplicaciones directas en energía limpia, captura de carbono y purificación de agua.

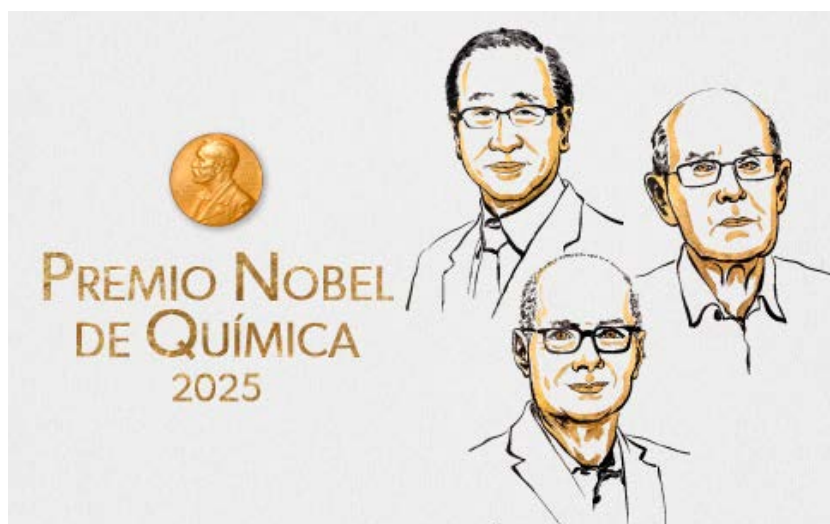
Fuentes

Real Academia Sueca de Ciencias [2025]. Premios Nobel de Química 2025: Popular Information. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2025/popular-information>
Nobel Media AB [2025]. Press Release – The Royal Swedish Academy of Sciences.
Fernholm, A. (2025). Información divulgativa sobre los laureados en Química.
Ilustraciones: Johan Jarnestad / KVA.

Qué son los marcos metal-orgánicos (MOF)

Los MOF son estructuras tridimensionales cristalinas formadas por la unión de iones metálicos con moléculas orgánicas.

Estas conexiones generan redes porosas con cavidades internas tan amplias que un solo gramo puede tener la superficie de un campo de fútbol.



En su interior, los MOF pueden almacenar gases, filtrar contaminantes, o servir como esponjas moleculares, capturando vapor de agua o CO₂ con una eficiencia sin precedentes.

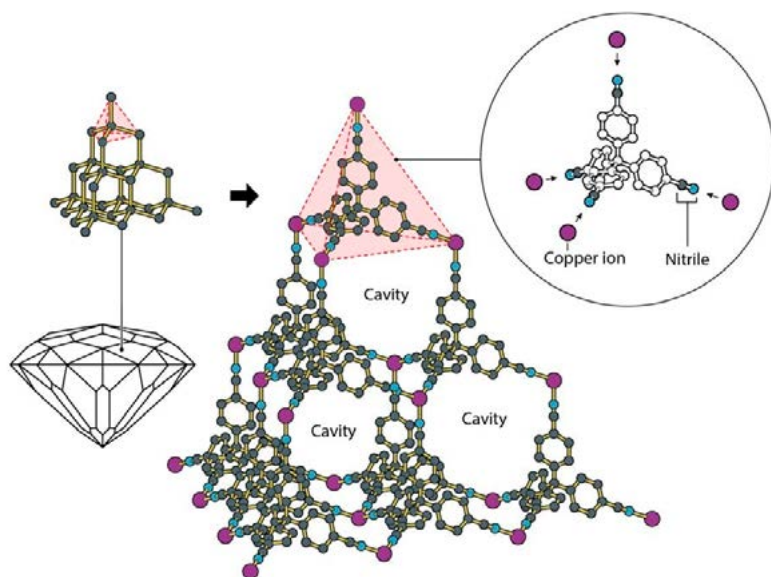
Ejemplo: el MOF-303 desarrollado por Yaghi logra extraer agua potable del aire del desierto, mientras que el UiO-67 absorbe PFAS, contaminantes emergentes que resisten los tratamientos convencionales.

¿Quiénes son estos científicos revolucionarios?

Richard Robson (Australia) 1937, Glusburn (Reino Unido) Univ. de Melbourne.

Inspirado en modelos moleculares de madera, Robson construyó en los años 70 y 80 las primeras redes metal-orgánicas, demostrando que las moléculas podían organizarse racionalmente como los átomos en un cristal.

Su trabajo reveló que era posible diseñar estructuras porosas y ordenadas, anticipando el nacimiento de los MOF modernos.



Richard Robson se inspiró en la estructura del diamante, en la que cada átomo de carbono está unido a otros cuatro en forma de pirámide. En lugar de carbono, usó iones de cobre y una molécula con cuatro brazos, cada uno con un nitrilo en el extremo. Este es un compuesto químico que se siente atraído por los iones de cobre.

Cuando las sustancias se combinaban, formaban un cristal ordenado y muy espacioso.

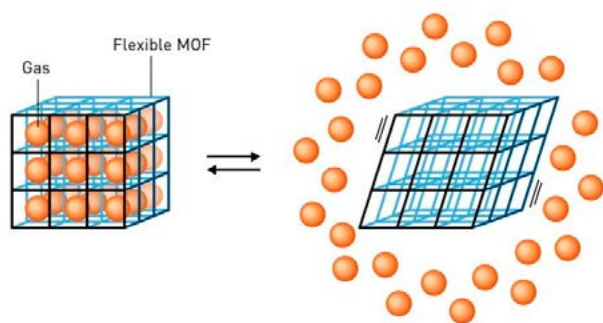
©Johan Jarnestad/Real Academia Sueca de Ciencias

Susumu Kitagawa (Japón), 1951 Kioto. Univ. de Kioto

A comienzos de los 90, Kitagawa perfeccionó la técnica al lograr MOF tridimensionales estables y flexibles.

Descubrió que estas redes podían “respirar”, expandiéndose o contrayéndose según el tipo de gas que almacenaran –como un pulmón molecular–.

Su principio: “Incluso lo inútil puede volverse útil”, demostró que los materiales blandos pueden ser claves en la química del futuro.

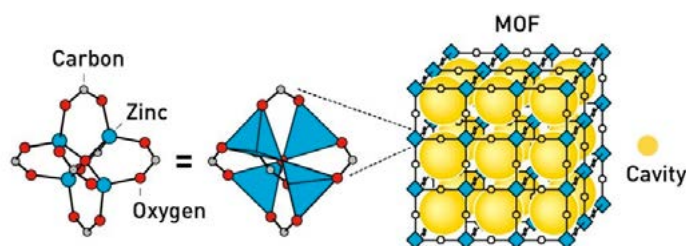


En 1998, Kitagawa propuso que los marcos metal-orgánicos podrían hacerse flexibles. Ahora existen numerosos MOF flexibles que pueden cambiar de forma, por ejemplo, cuando se llenan o vacían de diversas sustancias. ©Johan Jarnestad/Real Academia Sueca de Ciencias

Omar M. Yaghi (Jordania-EE. UU.), 1965, Ammán. Univ. de California, Berkeley

Desde 1995, Yaghi consolidó la "química reticular", un método sistemático para construir MOF como si fueran bloques de Lego atómicos.

Creó el célebre MOF-5, material ultraestable capaz de retener grandes volúmenes de gas y con potencial para almacenar hidrógeno en condiciones seguras. Su grupo incluso desarrolló sistemas capaces de condensar agua del aire seco de Arizona mediante la luz solar.



En 1999, Yaghi construyó un material muy estable, MOF-5, que tiene espacios cúbicos. Solo un par de gramos pueden contener un área tan grande como un campo de fútbol. ©Johan Jarnestad/Real Academia Sueca de Ciencias

Aplicaciones de los MOF: química al servicio de la humanidad

Material MOF	Aplicación	Beneficio
MOF-303	Captura de agua del aire del desierto	Agua potable en zonas áridas
MIL-101	Cataliza degradación de hidrocarburos y antibióticos	Descontaminación de aguas
UiO-67	Absorbe PFAS	Purificación de agua y salud pública
ZIF-8	Extrae metales de aguas residuales	Recuperación de recursos
CALF-20	Captura CO ₂ en fábricas	Reducción de emisiones industriales
NU-1501	Almacena hidrógeno a presión normal	Energía limpia y segura

Impacto científico y ambiental

El desarrollo de los MOF abre un nuevo paradigma en la química sostenible: materiales diseñados átomo por átomo para resolver problemas globales. Estas estructuras permiten purificar el aire, limpiar el agua, capturar gases de efecto invernadero y almacenar energía.

En palabras de la Real Academia Sueca de Ciencias, los laureados "han brindado a los químicos nuevas herramientas para mejorar la vida en la Tierra".

DEL TEQUILA AL AGUA LIMPIA: INNOVACIÓN MEXICANA QUE CONVIERTE RESIDUOS EN SOLUCIONES SOSTENIBLES



LO QUE ALGUNA VEZ FUE DESECHO DEL TEQUILA HOY PUEDE SER UN INGREDIENTE CLAVE PARA LIMPIAR EL AGUA. CELLUSAN REPRESENTA EL ESPÍRITU DE UNA NUEVA GENERACIÓN DE EMPRENDEDORES MEXICANOS QUE ENTIENDEN QUE EL FUTURO DEL AGUA NO SOLO SE PROTEGE: SE INNOVA, SE RECICLA Y SE REVALORIZA.

Basado en el reportaje de José Alberto Molina, *El Economista*, 2024, y otras fuentes complementarias.

Fuentes consultadas

Molina, José A. (2024). El Tequila y el tratamiento de aguas residuales. *El Economista*.

SEMARNAT (2021). NOM-001-SEMARNAT-2021: Límites permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales.

UNESCO (2024). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos.

OCDE (2023). Políticas de Innovación Verde en América Latina.

Entrevistas y material de InnoDrop 2024 (UNESCO-UNAM-Grupo Modelo).

De residuo a recurso

El bagazo de agave, residuo emblemático de la industria tequilera mexicana, ha encontrado un nuevo propósito ambiental gracias al ingenio de jóvenes universitarios.

Desde el Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco (Estado de México), un grupo de estudiantes creó Cellusan, un coagulante orgánico elaborado a partir del bagazo del agave azul, diseñado para mejorar el tratamiento de aguas residuales industriales.

Según su representante, Evelyn Guadalupe Hinojosa Jiménez, estudiante de ingeniería ambiental, el producto reduce la turbidez del agua hasta en un 50 %, no altera el pH ni la alcalinidad, y disminuye la generación de lodos, convirtiéndose en una alternativa sustentable frente a los coagulantes químicos tradicionales.

Tecnología y normativa: un binomio verde

Cellusan no solo apuesta por la innovación ecológica, sino también por la eficiencia regulatoria. El producto fue diseñado para cumplir con los criterios de la NOM-001-SEMARNAT-2021, que regula los límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales.

En una prueba piloto en una fábrica textil de mezclilla, el coagulante logró reducir el color del agua y los contaminantes remanentes de un proceso ya tratado, demostrando que las empresas pueden cumplir la norma y, además, reutilizar el agua para procesos secundarios, como limpieza de equipos o servicios sanitarios.

Este enfoque responde a un principio clave de la economía circular del agua: transformar los residuos industriales en insumos útiles, reduciendo costos, sanciones y huella ambiental.

Innovación desde las aulas

El proyecto fue incubado en el Centro de Innovación e Incubación Empresarial del TES Tianguistenco, con el apoyo de José Ignacio Siles, su coordinador.

El equipo trabaja actualmente en el registro de patente y marca comercial, lo que abrirá el camino a su distribución en sectores industriales de la región.

Cellusan ha destacado a nivel nacional al participar en el programa InnoDrop, impulsado por Grupo Modelo, la UNESCO y la UNAM, orientado a generar soluciones frente a los desafíos hídricos de México, desde sequías hasta contaminación industrial.

El proyecto obtuvo el tercer lugar en la categoría universitaria, recibiendo 30 000 pesos de capital semilla y mentorías en gestión de innovación, sostenibilidad y modelo de negocio.





Un nuevo paradigma del agua

El caso Cellusan ilustra una tendencia creciente en América Latina: el surgimiento de emprendimientos ambientales universitarios que vinculan conocimiento científico, residuos agroindustriales y políticas de agua.

Según datos de la OCDE (2023) y la UNESCO (Informe Mundial del Agua, 2024), las tecnologías basadas en biopolímeros naturales y materiales lignocelulósicos, como el bagazo de agave, están revolucionando los sistemas de tratamiento, reduciendo hasta un 70 % el uso de reactivos químicos en plantas de mediana escala.



México, con una producción anual superior a 600 000 toneladas de bagazo tequilero, dispone de una materia prima abundante para soluciones biotecnológicas de tratamiento de agua. Proyectos como Cellusan permiten convertir un problema de residuos en una oportunidad para la gestión hídrica sostenible y la bioeconomía circular.

Revalorizar el agua y los residuos

La visión de estos jóvenes ingenieros va más allá del cumplimiento normativo: buscan demostrar que la sostenibilidad también puede ser rentable.

En palabras de Hinojosa, "los contaminantes se quedan en nuestro producto; esa agua puede reutilizarse sin problemas. Así, evitamos multas y damos un nuevo valor al recurso".

El siguiente paso, explican, será escalar la producción y evaluar el uso del material recuperado del proceso como bloques para construcción o compostaje, cerrando así el ciclo completo de aprovechamiento del agua y los residuos.





TRAYECTORIA COMPROBADA DESDE 2003



AMERICAS VALVES EN MANOS DE EXPERTOS



**+20
AÑOS**
DE EXPERIENCIA

Toda la línea Americas Valves, distribuida por especialistas con garantía, soporte técnico y un conocimiento que se transforma en resultados.

CONTÁCTANOS



WWW.VFHIDRÁULICA.COM





PERROS CENTINELAS DEL AGUA: CUANDO LA SALUD AMBIENTAL LADRA ANTES QUE HABLA

Con base en el estudio publicado en PLOS Water, Virginia Tech, 2025, y fuentes complementarias

**CUANDO LOS PERROS ENFERMAN ANTES QUE NOSOTROS, NO ES CASUALIDAD:
ES EL REFLEJO DE UN ECOSISTEMA QUE TAMBIÉN ESTÁ ENFERMO.**

EL ESTUDIO DE VIRGINIA TECH NOS RECUERDA QUE LA SALUD AMBIENTAL EMPIEZA EN CASA Y QUE LA VIGILANCIA DEL AGUA NO SOLO REQUIERE INSTRUMENTOS, SINO TAMBIÉN OBSERVACIÓN Y EMPATÍA.

**CUIDAR EL AGUA QUE BEBEN NUESTROS ANIMALES ES, EN DEFINITIVA, CUIDAR LA SALUD DE TODOS
LOS QUE COMPARTIMOS EL MISMO TECHO Y LA MISMA TIERRA.**

Una alerta desde el bebedero del perros

Abrir el grifo y llenar el bebedero del perro parece un acto cotidiano, pero detrás de ese gesto puede esconderse un riesgo invisible.

Un equipo del Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia (Virginia Tech) demostró que los perros que beben agua de pozos privados pueden detectar –con su propia salud– la presencia de metales pesados antes de que estos afecten a los humanos.

El estudio, publicado en PLOS Water (2025), analizó muestras de agua doméstica en hogares estadounidenses no conectados a redes municipales. Los resultados son alarmantes: el 64 % de las muestras contenía al menos un metal tóxico por encima de los niveles seguros, entre ellos plomo, arsénico, hierro y níquel.

De Flint a los pozos rurales

El investigador Marc Edwards, reconocido por revelar la crisis del agua en Flint (Michigan), explica que los perros han sido históricamente “canarios en la mina” en episodios de contaminación hídrica.

En varios casos, los síntomas en mascotas precedieron al diagnóstico de intoxicación por plomo en humanos, lo que subraya su valor como centinelas ambientales.

El principio es biológicamente lógico: los perros comparten el mismo entorno que sus dueños, pero su menor masa corporal y metabolismo más rápido los hacen más sensibles a los contaminantes. Así, su enfermedad o comportamiento anómalo puede ser una señal temprana de contaminación doméstica.

El experimento: del agua al organismo

El equipo de Virginia Tech trabajó junto al Dog Aging Project, un macroestudio con más de 50 000 perros registrados. Se solicitaron muestras de agua de hogares con pozos privados, analizando 28 metales –ocho de ellos regulados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA)–.

En casi todas las muestras se hallaron trazas metálicas, y en más de cien se superaban los límites recomendados.

El estudio observó correlaciones entre metales como el titanio o el cromo y la presencia de enfermedades diagnosticadas en los perros. Además, se detectó que los filtros de sedimentos simples no eliminaban adecuadamente los contaminantes, mientras que los sistemas de ósmosis inversa mejoraban notablemente la salud de los animales.



El riesgo oculto de los pozos privados

En Estados Unidos, unos 15 millones de hogares dependen de pozos privados para beber y cocinar.

A diferencia del agua municipal, los pozos no están sujetos a controles regulares, lo que deja a las familias fuera del radar sanitario. Los metales pesados –incolores e insípidos– pueden pasar inadvertidos durante años, hasta que los síntomas aparecen primero en los animales.

En América Latina, este fenómeno puede ser aún más preocupante. Según la OMS (2024), cerca del 30 % de la población rural de la región obtiene agua de pozos o fuentes no monitoreadas, donde la contaminación por arsénico, manganeso y nitratos representa un riesgo creciente para la salud humana y animal.

Vigilantes de cuatro patas

La veterinaria Audrey Rupple, autora principal del estudio, insiste: “No hablamos de animales destinados a un uso superfluo.

Los perros son parte de la familia y su salud puede advertirnos sobre los riesgos que compartimos”.



Esta idea amplía el concepto de "Una sola salud" (One Health) promovido por la OMS, FAO y OIE, que reconoce la interdependencia entre la salud humana, animal y ambiental.

Los perros, al compartir techo, suelo y agua, se convierten en indicadores vivos de la calidad del ambiente doméstico.

Lecciones para América Latina

Este tipo de estudios invita a reflexionar sobre la vigilancia comunitaria del agua. Incorporar el monitoreo de salud animal

podría ser una herramienta útil para detectar contaminación en zonas rurales donde los análisis de laboratorio son costosos o escasos.

Iniciativas en México, Chile y Perú ya exploran proyectos piloto en los que veterinarios rurales y técnicos ambientales colaboran para detectar signos tempranos de contaminación por arsénico o nitratos a través del seguimiento de animales domésticos y de pastoreo.

Conclusión: escuchar al agua (y al perro).



Fuentes consultadas

Clavijo, Vanessa M. (2025). Un estudio demuestra que los perros detectan antes la contaminación en el agua procedente de pozos. El País.

Edwards, M. y Rupple, A. (2025). Dogs as sentinels for groundwater contamination. PLOS Water, Virginia Tech.

OMS (2024). Water, Sanitation and Health Report: Rural Water Risks.

EPA (2023). National Primary Drinking Water Regulations.

FAO & OIE (2022). One Health Framework for Environmental Monitoring.

¿Deseas que te lo prepare en formato editorial visual (Revista Agua #14) con:

Imagen sugerida: perro bebiendo agua de pozo rural

Recuadro lateral: "One Health: una sola salud para humanos y animales"

Gráfico: porcentaje de pozos contaminados (EE. UU. y AL)

y enlaces interactivos en PDF para publicación digital?

ROBERT MANNING (1816-1897): EL AUTODIDACTA QUE DIO LENGUAJE AL FLUJO DEL AGUA

Basado en fuentes históricas: Institution of Civil Engineers of Ireland, Oxford Reference, DIA, Wikipedia, entre otras



MÁS DE 130 AÑOS DESPUÉS, LA ECUACIÓN DE MANNING SIGUE ENSEÑANDO QUE LA CIENCIA NO SIEMPRE NACE EN LABORATORIOS, SINO EN EL TERRENO, OBSERVANDO EL AGUA CORRER. SU LEGADO NO ES SOLO UNA FÓRMULA, SINO UNA FORMA DE PENSAR LA INGENIERÍA: PRÁCTICA, SIMPLE Y UNIVERSAL.

El hombre detrás de la fórmula

En la historia de la ingeniería hidráulica, pocos nombres alcanzan la longevidad y universalidad de Robert Manning. Su célebre fórmula empírica para el flujo en canales abiertos, publicada en 1891, aún guía el diseño de acueductos, drenajes y sistemas de riego en todo el mundo.

Sin embargo, su historia personal revela algo más inspirador: un ingeniero autodidacta, sin formación formal en matemáticas ni física, que combinó observación, disciplina y curiosidad para resolver un problema tan antiguo como el agua en movimiento.

De Normandía a Dublín: el inicio de una vocación

Robert Manning nació en Normandía, Francia, el 22 de octubre de 1816, y a los diez años se trasladó con su familia a Waterford, Irlanda. Su primera profesión fue la contaduría, pero su vida dio un giro durante la Gran Hambruna Irlandesa (1845-1849), cuando ingresó en la Oficina de Obras Públicas (Office of Public Works, OPW), en la división de drenaje arterial.

Durante casi medio siglo, trabajó en proyectos de drenaje, riego y control de inundaciones, especialmente en los

condados de Down y Antrim. Entre 1855 y 1869, sirvió al Marqués de Downshire en el puerto de Dundrum Bay, donde supervisó el suministro de agua de Belfast. En 1874 fue nombrado Ingeniero Jefe de la OPW, cargo que ocupó hasta su retiro en 1891. Murió en Dublín el 9 de diciembre de 1897, dejando tras de sí una huella imborrable en la ingeniería moderna.

Reconocimientos y legado institucional

Manning fue miembro de la Institution of Civil Engineers of Ireland (ICEI) y su presidente entre 1877 y 1878.

En 1866 recibió la Medalla Telford y el Manby Premium de la Institution of Civil Engineers de Londres, por su estudio sobre escorrentía en el distrito de Woodburn, cerca de Carrickfergus. Estos reconocimientos consolidaron su reputación como ingeniero observacional, que basaba su trabajo en datos reales y resultados verificables.

La ecuación que lo hizo inmortal

En diciembre de 1889, con 73 años, Manning presentó ante la ICEI su fórmula "On the Flow of Water in Open Channels and Pipes", publicada dos años después en los Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland (TICEI, vol. 20, pp. 161-207).

$$v = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2}$$

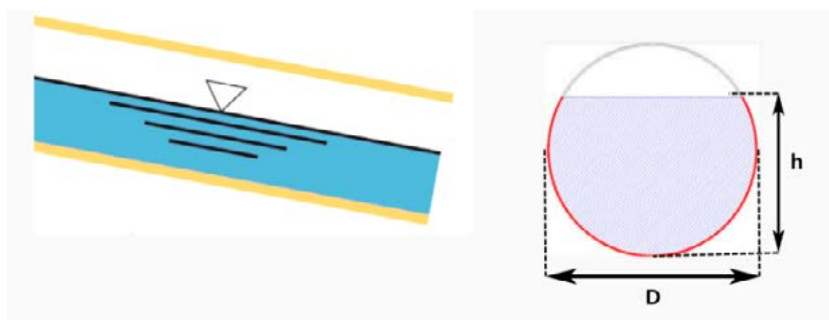
Donde:

v = velocidad del flujo (m/s)

n = coeficiente de rugosidad

Rh = radio hidráulico (m)

S = pendiente del canal



y el caudal (Q) se obtiene como $Q = A \cdot v$, donde A es el área mojada.

Lo notable no fue solo su precisión, sino su sencillez: con tres parámetros observables, permitió que ingenieros de campo calcularan con facilidad el flujo en canales naturales o construidos, sin recurrir a mediciones complejas.



Una herencia compartida

Aunque lleva su nombre, la ecuación de Manning se reconoce también como Gauckler–Manning o Gauckler–Manning–Strickler, en honor al francés Philippe Gauckler (1867) y al suizo Albert Strickler (1923), quienes publicaron formas equivalentes y extendieron el uso del coeficiente de rugosidad.

Hoy, su aplicación es universal en hidrología, saneamiento, riego y modelación climática, y constituye una lengua franca entre la teoría y la práctica hidráulica.

Vigencia en América Latina

La ecuación de Manning sigue siendo la herramienta esencial para diseñar canales, colectores pluviales y sistemas de drenaje en regiones tropicales y rurales. Su simplicidad la hace ideal para proyectos comunitarios y obras de bajo costo.

En países como México, Nicaragua y Perú, se usa en el dimensionamiento de acueductos rurales, drenajes urbanos sostenibles (SUDS) y sistemas de resiliencia hídrica frente al cambio climático, demostrando que el legado de Manning sigue fluyendo junto al agua que ayudó a entender.



Instituto Profesional de Ingeniería

$$v = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2}$$

v = Velocidad del flujo (m/s)
 n = Coeficiente de rugosidad (adim)
 S = Pendiente del tubo (m/m)
 Rh = Radio hidráulico (m)

Material MOF	Aplicación	Beneficio
MOF-303	Captura de agua del aire del desierto	Agua potable en zonas áridas
MIL-101	Cataliza degradación de hidrocarburos y antibióticos	Descontaminación de aguas
UiO-67	Absorbe PFAS	Purificación de agua y salud pública
ZIF-8	Extrae metales de aguas residuales	Recuperación de recursos
CALF-20	Captura CO ₂ en fábricas	Reducción de emisiones industriales
NU-1501	Almacena hidrógeno a presión normal	Energía limpia y segura

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE AGUA POTABLE Y/O SANEAMIENTO

Por: Sergio Tercero Talavera

MsC Ing. Sanitario

Managua, 09 de octubre de 2025



INTRODUCCIÓN

En la etapa de factibilidad de los proyectos de sistemas de agua potable y/o saneamiento, el formulador debe elaborar alternativas de solución y proponer la mejor, valorada técnica, económica, ambiental y socialmente. Esta es una tarea que puede ser tensionante para el Consultor, si se observa que, generalmente en Nicaragua, los Términos de Referencia (TdR) establecen un marco general para el análisis, pero no definen la metodología que el consultor debe utilizar para establecer la mejor alternativa.



Cuando se trata de evaluar alternativas desde el punto de vista económico (métodos cuantitativos), la tarea es relativamente simple, si se posee información suficiente, pues basta seleccionar la alternativa que obtenga comparativamente los mejores indicadores económicos y financieros, individual o colectivamente, según su importancia (Ej., VAN, relación B/C, TIR). Para los demás casos en que la toma de decisiones incluye criterios cualitativos, entra en juego la evaluación multicriterio de alternativas.

NECESIDAD DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO DE ALTERNATIVAS

La CEPAL¹ hace una revisión de la necesidad de aplicar la evaluación multicriterio en la toma de decisiones de proyectos y alternativas, para agregar criterios

¹ Manual Metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. CEPAL, 2008.

cualitativos a la evaluación, además de los criterios cuantitativos, que van más allá de los usualmente considerados en la evaluación privada.

PERO, ¿QUÉ ES LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO?

La teoría de evaluación multicriterio comprende un conjunto de teorías, modelos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, aplicable no sólo al análisis de inversiones, sino a una amplia gama de problemas en la gestión tanto privada como pública²

DIFUSIÓN DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO

En una investigación realizada por Taherdoost y Madanchian³ para el período 2012 – 2022, ellos encontraron que fueron publicados en este campo de investigación 10,116 y 7,619 artículos, obtenidos de la base de datos ScienceDirect al utilizar las palabras-clave “toma de decisiones multicriterio” y “MCDM⁴”, respectivamente. Además, comparativamente, el 69.4% correspondió a la Toma de Decisiones Multiatributos (MADM) y el 30.6% a la Toma de Decisiones Multiobjetivos (MODM). De la revisión múltiple de la literatura y artículos de investigación realizados en ese mismo período, sus autores identificaron 60 métodos diferentes.

Entre estos métodos, por ser de nuestro interés, se abordará, en primer lugar, el método de Ponderación Aditiva Simple (SAW, Simple Additive Weighting) o método de los pesos, y, en segundo lugar, la metodología del Proceso Analítico Jerárquico⁵, por sus siglas en inglés (AHP), que tuvo la mayor cantidad de resultados.

METODOLOGÍA SAW - PONDERACIÓN DE PUNTAJES

El método SAW, como versión clásica del método de valor multiatributo, consiste en establecer «una función de valor basada en una simple suma de las puntuaciones que representan el logro de la meta bajo cada criterio, multiplicada por las

² Modelo de priorización de proyectos de inversión pública con enfoque multicriterio: caso SEMAPA. Verónica Silvia Salas Villegas. 2011

³ Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. Hamed Taherdoost and Mitra Madanchian. 2023.

⁴ Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM) o Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDA) es uno de los métodos más precisos para la toma de decisiones.

⁵ The Analytic Hierarchy Process. Thomas L. Saaty. 1980.

ponderaciones particulares»⁶. Los pasos a considerar, luego de haber establecido el objetivo principal, son los siguientes:

1. Establecer los criterios de evaluación.
2. Asignar los pesos o valores de ponderación a cada criterio.
3. Valorar cada criterio en cada alternativa en el rango establecido de mínimo y máximo.
4. Aplicar los factores de ponderación a cada resultado absoluto obtenido.
5. Sumar los puntajes ponderados y seleccionar la alternativa de mayor puntaje.

EJEMPLO DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS POR EL MÉTODO DE LOS PUNTAJES.

En la Ilustración 1 se muestran los resultados de un análisis efectuado para 3 alternativas de un proyecto de saneamiento (A1, A2 y A3), las cuales han sido evaluadas bajo 3 criterios y 10 sub-criterios, otorgando los mayores puntajes comparativos a la alternativa que tiene menores requerimientos técnicos, mejores indicadores económicos y menores impactos ambientales.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS		FACT. DE POND.	ESCALA DE PUNTAJES			PUNTAJES ABSOLUTOS			PUNTAJES PONDERADOS		
						ALTERNATIVAS SANEAMIENTO			ALTERNATIVAS SANEAMIENTO		
						A1	A2	A3	A1	A2	A3
No.			MÁXIMO	MEDIO	MÍNIMO						
1	CRITERIOS TÉCNICOS	0.3	6	5	2	1.5	3	4	0.45	0.9	1.2
1.1	DOMINIO DE LA TECNOLOGÍA		1.5	1.25	0.5	0.5	1	1.5	0.15	0.3	0.45
1.2	CALIFICACIÓN PERSONAL REQUERIDO		1.5	1.25	0.5	0.5	1	1.5	0.15	0.3	0.45
1.3	DEPENDENCIA DE EQUIPOS Y REPUESTOS		1.5	1.25	0.5	0	0	0	0	0	0
1.4	REQUERIMIENTO DE PERSONAL TÉCNICO		1.5	1.25	0.5	0.5	1	1	0.15	0.3	0.3
2	CRITERIOS ECONÓMICOS	0.5	6	5	2	2	4.75	6	1	2.375	3
2.1	COSTO DE INVERSIÓN		1.5	1.25	1	1	1.25	1.5	0.5	0.625	0.75
2.2	CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA		1.5	1.25	1	1	1.25	1.5	0.5	0.625	0.75
2.3	TARIFA		1.5	1.25	0	0	1	1.5	0	0.5	0.75
2.4	INDICADORES ECONÓMICOS		1.5	1.25	0	0	1.25	1.5	0	0.625	0.75
3	CRITERIOS AMBIENTALES	0.2	4	3	2	2.5	2.25	2	0.5	0.45	0.4

⁶ Analysis_of_Simple_Additive_Weighting_Method_SAW_as a MADM Technique: A step by step guide. Hamed Taherdoost2023

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS		FACT. DE POND.	ESCALA DE PUNTAJES			PUNTAJES ABSOLUTOS			PUNTAJES PONDERADOS		
						ALTERNATIVAS SANEAMIENTO			ALTERNATIVAS SANEAMIENTO		
						A1	A2	A3	A1	A2	A3
3.1	RIESGO DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL		2	1.5	1	1.5	1.25	1	0.3	0.25	0.2
3.2	RIESGO DE INUNDACIONES		2	1.5	1	1	1	1	0.2	0.2	0.2
	TOTALES	1	16	13	6	6	10	12	1.95	3.73	4.60

Ilustración 1 Puntajes Ponderados de Alternativas

Los puntajes ponderados obtenidos en las alternativas son: A1: 1.95; A2: 3.73 y A3: 4.60, que al normalizarlos ($\Sigma = 1$), sus respectivos valores quedan así: A1: 0.19; A2: 0.36; A3: 0.45.

METODOLOGÍA SAATY (AHP)

La limitación de espacio no permite ahondar en la descripción de la metodología creada por Thomas L. Saaty, a principios de los años de 1970 que, después de 50 años de su creación, sigue siendo puntera entre todas las metodologías utilizadas⁷, desde que en 1954 fuera publicado el artículo “An Approximate Measure of Value” (West Churchman and Russell L. Ackoff); pero también se debe reconocer que paralelamente sigue siendo la metodología más cuestionada⁸.

Brevemente, esta metodología se fundamenta en efectuar comparaciones pareadas. Primero, de un criterio o característica de evaluación contra el criterio siguiente, respondiendo a la pregunta: ¿Este criterio “C1” (fila) es más importante que el criterio “C2” (columna)? Dependiendo de si la respuesta es “sí, no o igual”, se otorga una valoración de 1, 3, 5, 7 o 9, según la escala de importancia de Saaty, dejando los valores de 2, 4, 6 y 8 para compromisos intermedios. Si es menor, se deja el espacio en blanco y se pasa a la siguiente fila, y así sucesivamente. Los valores inversos surgen por consecuencia lógica. Ver Ilustración 2

Después entra en juego la aplicación de una serie de conceptos matemáticos de programación lineal con el uso de matrices, para la determinación del vector propio

⁷ Uses and Limitations of the AHP Method A Non-Mathematical and Rational Analysis. Nolberto Munier, Eloy Hontoria.2021

⁸ Idem.

y el valor propio, el índice de consistencia y la razón de consistencia, hasta llegar a la puntuación final de la priorización de alternativas.

CRITERIOS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	1	1/3	1/5	3	1/7	1/5	1/7	1/5	1/3	1/3
C2	3	1	1/5	5	1/7	1/5	1/7	1/5	1/3	1/3
C3	5	5	1	5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3
C4	1/3	1/5	1/5	1	1/5	1/5	1/7	1/5	1/3	1/3
C5	7	7	5	5	1	1/3	1/7	1/5	3	3
C6	5	5	5	5	3	1	1/5	1/3	3	3
C7	7	7	5	7	7	5	1	3	1/3	1/3
C8	5	5	5	5	5	3	1/3	1	1/3	1/3
C9	3	3	3	3	1/3	1/3	3	3	1	3
C10	3	3	3	3	1/3	1/3	3	3	1/3	1

Ilustración 2 Ejemplo de valoración pareada de criterios o características de evaluación

Al aplicar la metodología Saaty al mismo ejemplo utilizado en la metodología de puntajes ponderados, el vector de prioridades arroja los siguientes resultados:

Alternativa A1: 0.29; Alternativa A2: 0.27; Alternativa A3: 0.44.

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE AMBAS METODOLOGÍAS

ALTERNATIVAS	METODOLOGÍA SAW	METODOLOGÍA SAATY
A1	0.19	0.29
A2	0.36	0.27
A3	0.45	0.44

Ilustración 3 Resultados de valoración de alternativas según la metodología aplicada

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos al aplicar cada metodología son bastante coincidentes. Sin embargo, estas aproximaciones pudieran haber sido fruto del azar, dado que la asignación de los factores de ponderación, por ejemplo, en la metodología de puntajes, estuvo bajo la responsabilidad del director del proyecto, y la calificación de los atributos fue efectuada por los expertos, donde prevalecieron su expertise y criterio propio. En el caso de la metodología Saaty, la asignación de los valores de

importancia fue llevada a cabo únicamente por el autor de este trabajo en una fecha posterior.

Pero también es de señalar la estabilidad de los resultados, demostrada al sensibilizar los factores de ponderación, de 0.3, 0.5 y 0.2, fijados para los criterios técnicos, económicos y ambientales, respectivamente. Al establecer diferentes arreglos, los resultados siempre fueron favorables a la Alternativa A3.

VALORES DE FACTORES DE PONDERACIÓN Tec, Econ, Amb	VALORES NORMALIZADOS ALTERNATIVAS SANEAMIENTO		
	A1	A2	A3
0.2 0.5 0.3	0.20	0.36	0.44
0.3 0.5 0.2	0.19	0.36	0.45
0.2 0.6 0.2	0.19	0.36	0.45
0.1 0.8 0.1	0.17	0.37	0.46
Promedios	0.19	0.36	0.45

Ilustración 4 Sensibilización de factores de ponderación

Siendo la valoración de alternativas un punto crucial en la selección de la mejor alternativa, frente a tantas opciones metodológicas disponibles, se debe tener presente que ninguno de los métodos es infalible y que sus

resultados no dejan de ser cuestionables, puesto que los criterios pueden ser incompletos o muy subjetivos, influenciados, quizá, por las preferencias de los evaluadores, nacidas de otras experiencias en otras circunstancias. Es por eso que el autor de este artículo recomienda el siguiente procedimiento de selección de alternativas:

1. El Consultor debe recomendar la alternativa que, a su juicio, es la mejor, basado en los resultados de la aplicación de una o dos metodologías de evaluación y en sus propias consideraciones sobre dichos resultados, pues no siempre todas las características son incluidas o son medibles en el proceso de evaluación.
2. Un equipo de tomadores de decisión del Consultor y del Dueño debe revisar en conjunto la propuesta del Consultor para avalar, rechazar o modificar la propuesta del Consultor y/o seleccionar otra alternativa, que será la definitiva, y que entrará a la etapa de diseño final. Se levantará un acta de acuerdos dando por cerrada la etapa de análisis de alternativas.



LUCES BRILLANTES PERO TITILANTES DE UN SUMINISTRO Y GESTIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SOSTENIBLE Y COMUNITARIA: LAS ASADAS EN COSTA RICA

Iluminando la gestión de un recurso invisible

El agua subterránea, un recurso natural invisible por excelencia, suele ser mal comprendida y gestionada debido a la escala, los enfoques de gestión, así como sesgos geográficos y disciplinarios. Mientras que los debates sobre gestión y sostenibilidad de aguas subterráneas suelen centrarse en grandes escalas –acuíferos regionales y análisis globales–, es crucial reconocer que los sistemas de aguas subterráneas y su sostenibilidad ocurren en múltiples escalas, desde pozos individuales hasta el comercio global de agua subterránea virtual.

Históricamente, la gestión se ha basado en enfoques de arriba hacia abajo, controlando bombas e individuos. Sin embargo, en el Sur Global está emergiendo un giro hacia comunidades y acuíferos. Los modelos regionales de agua subterránea y los grandes conjuntos de datos suelen subrepresentar las condiciones del Sur Global. Además, la disciplina de la hidrología física ha priorizado flujos y almacenamiento (recarga, niveles freáticos), minimizando la importancia de la gobernanza y aspectos socioculturales.

Para “iluminar lo invisible”, este artículo destaca a las ASADAS (Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales), una red de organizaciones comunitarias en Costa Rica que gestionan agua subterránea. Su experiencia aporta lecciones para el Sur y también para enfoques innovadores en el Norte Global.

En la mayoría de los países latinoamericanos, las organizaciones comunitarias de agua (OCAs) son el principal proveedor de agua potable en zonas rurales, mejorando el acceso de hogares pobres y marginados. En Costa Rica, las ASADAS cumplen ese rol. Son organizaciones locales electas que aseguran calidad, protegen cuencas, mantienen infraestructura y gestionan conflictos. Aunque hay casos exitosos, enfrentan desafíos de sostenibilidad financiera, cambios de uso de suelo, limitaciones técnicas y presión de factores externos.

La literatura sobre gobernanza ambiental ha demostrado la capacidad de comunidades para autogestionar recursos comunes con reglas diseñadas localmente. Muchas ASADAS son un buen ejemplo de enfoques ascendentes (“bottom-up”) exitosos. Sin embargo, aproximadamente la mitad presentan un desempeño bajo en calidad, mantenimiento e infraestructura. Surgen federaciones y redes que fortalecen la gobernanza policéntrica, compartiendo conocimientos y recursos, y elevando la voz política de las comunidades.



Luces brillantes: características y desempeño de las ASADAS

Entre 1960 y 1990, hubo un auge en la construcción de infraestructura de agua potable en Costa Rica, delegándose en las ASADAS. Así, muchas llevan 60 años de operación con fuerte apoyo comunitario. Este modelo explica la amplia cobertura rural de agua segura en el país, superior a países vecinos.

Existen alrededor de 1,200 ASADAS, que atienden en promedio 300 hogares cada una. Usan tanto agua superficial (sistemas por gravedad) como agua subterránea (pozos bombeados). En Guanacaste predominan los pozos, debido a su topografía y estación seca prolongada.

- 💧 En sistemas por gravedad, los costos son menores porque no requieren energía para bombeo.
- 💧 En sistemas con bombeo, suele haber más micromedición y tarifas orientadas al ahorro.
- 💧 El 18% de las ASADAS con sistemas por gravedad ha comprado tierras para proteger manantiales.

Pese a que Costa Rica protege el 30% de su territorio, las ASADAS cubren vacíos de conservación, sobre todo en áreas de recarga hídrica.

El índice oficial de desempeño muestra que solo la mitad de las ASADAS alcanzan niveles altos. Las demás tienen problemas en calidad de agua, infraestructura o gestión administrativa.



Luces titilantes: desafíos actuales y enfoques emergentes

El marco legal reconoce el agua como bien público y el acceso al agua limpia como derecho humano fundamental. El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA/ICAA) supervisa y firma convenios con ASADAS.

Sin embargo:

- 💧 Las instituciones estatales tienen mandatos poco claros, escaso personal y bajos presupuestos.
- 💧 La regulación de aguas subterráneas es débil y su implementación limitada.
- 💧 Muchas respuestas son ad hoc y no planificadas.
- 💧 Está emergiendo una gobernanza policéntrica: federaciones de 10 a 20 ASADAS que comparten recursos, formación y fortalecen incidencia política. Hoy existen 26 federaciones que agrupan al 25% de las ASADAS, especialmente en el Pacífico Norte y Atlántico Norte. También se impulsa la articulación nacional.

Los retos incluyen:

Capital humano: líderes comunitarios con gran compromiso, pero poca formación técnica; problemas de relevo generacional.

Sostenibilidad financiera: las tarifas apenas cubren operación, sin capacidad para renovar infraestructura envejecida ni enfrentar desastres.

Calidad del agua: un tercio de las ASADAS no cumple estándares nacionales, por deficiente cloración y contaminación agrícola o urbana.

Perspectivas futuras y recomendaciones

Las ASADAS representan una luz prometedora, aunque titilante, para la gestión comunitaria del agua. Para fortalecer este modelo se requiere esfuerzo conjunto entre comunidades, Estado, academia y cooperación.

Recomendaciones clave:

Implementar efectivamente leyes de agua bajo un enfoque policéntrico.
Mejorar acceso a financiamiento.

Fortalecer capacidades locales y formación técnica.

💧 Generar información accesible y oportuna.

💧 Adoptar tecnologías modernas.

Si bien se trata de un caso específico de Costa Rica, sus principios son aplicables a otros contextos del Sur Global, con cautela por diferencias ecológicas, culturales y políticas.

Líneas de investigación futura:

💧 Evaluar cómo las redes policéntricas atienden necesidades internas y amenazas externas.

💧 Explorar vínculos entre cultura de conservación de la naturaleza y gestión comunitaria del agua en Costa Rica.

💧 Analizar si las ASADAS representan una transformación de la sostenibilidad del agua subterránea.

💧 Examinar si estas experiencias pueden “saltar etapas” en regiones del Norte Global frente al cambio climático.



FORTALECIENDO EL SECTOR WASH EN AMÉRICA LATINA: LA EXPERIENCIA DE CAWST EN COLABORACIÓN, CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO



EL ACCESO A AGUA SEGURA NO ES SIMPLEMENTE UN DERECHO HUMANO – ES LA BASE SOBRE LA CUAL PUEDEN CONSTRUIRSE COMUNIDADES SALUDABLES Y RESILIENTES. EN AMÉRICA LATINA, EL CENTRO PARA TECNOLOGÍAS ASEQUIBLES DE AGUA Y SANEAMIENTO (CAWST) TRABAJA DE LA MANO CON ORGANIZACIONES LOCALES, GOBIERNOS Y ACTORES SOCIALES PARA BRINDAR EXPERIENCIA TÉCNICA, CAPACITACIÓN Y HERRAMIENTAS PRÁCTICAS QUE EMPODERAN COMUNIDADES Y LAS DOTAN PARA ENFRENTAR SUS DESAFÍOS EN AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE (WASH) DE MANERA SOSTENIBLE.

EL FILTRO DE BIOARENA: INNOVACIÓN TRANSFORMADORA, 30 AÑOS DESPUÉS

En el núcleo de la influencia de CAWST está su legado de innovación: el filtro de bioarena doméstico (BSF). Diseñado en los años noventa por el Dr. David Manz como una adaptación de la filtración lenta para uso en hogares, este sistema intermitente ha sido refinado, estandarizado y difundido por CAWST desde su fundación en 2001 por Manz y la ingeniera Camille Dow Baker.

A lo largo de los años, CAWST ha capacitado a cientos de socios implementadores en más de 60 países, y el BSF ahora opera en millones de hogares en todo el mundo. La organización pone a disposición diseños de código abierto, manuales detallados y módulos de aprendizaje en línea para asegurar que la tecnología siga siendo accesible y sustentable a nivel local.

El filtro de bioarena combina tratamiento físico y biológico: el agua pasa lentamente a través de capas de arena, donde partículas patógenas y sedimentos quedan atrapados o filtrados, y una biocapa en la superficie superior potencia la eliminación microbiana. Las versiones posteriores de CAWST (como V9/V10)

optimizan flujo, dimensionamiento y facilidad de uso. Al democratizar esta tecnología de bajo costo y alta durabilidad, CAWST no solo introdujo un instrumento, sino que ayudó a transformar paradigmas de tratamiento de agua a nivel doméstico. Solo en América Latina se han fabricado más de 290,000 filtros de bioarena, beneficiando directamente a comunidades de la región.

EMPODERANDO COMUNIDADES MEXICANAS MEDIANTE CAPTACIÓN DE LLUVIA

A mediados de 2024, CAWST se asoció con Fundación Cántaro Azul en San Cristóbal de las Casas, Chiapas – una organización comprometida con restablecer la equidad del agua en comunidades rurales y escuelas. Su trabajo conjunto abarca capacitación, planificación participativa e implementación de sistemas de captación de lluvia.

En San Mateo, Las Rosas, se instalaron sistemas de recolección de agua de lluvia en 55 hogares, cada uno con un tanque de almacenamiento de 5,000 L. Antes de este proyecto, mujeres y niñas invertían horas diariamente recolectando agua. Con suministro confiable, las familias disfrutaban de mejor salud, menos carga y más tiempo para educación o actividades productivas.

Una pieza clave es la Calculadora de Captación de Lluvia, desarrollada junto con Isla Urbana y Neta Cero. Esta herramienta utiliza datos de lluvia histórica, área de captación del techo y proyecciones de demanda para dimensionar los tanques y orientar el diseño del sistema según las condiciones locales.

Paulina Musalem Ramos, asesora técnica de Cántaro Azul, comenta:

“SI PODEMOS INFLUIR AL NIVEL MUNICIPAL Y ESTATAL, PODEMOS GENERAR UN IMPACTO MAYOR.”

GRACIAS AL PLAN DE CAPACITACIÓN Y MENTORÍA DE CAWST, CÁNTARO AZUL AVANZA PARA CONVERTIRSE EN UN CENTRO REGIONAL DE FORMACIÓN, ESCALANDO ASÍ SU CAPACIDAD TÉCNICA DENTRO DE MÉXICO Y MÁS ALLÁ.



Respuesta humanitaria en la región de Chocó, Colombia

En julio de 2024, CAWST facilitó un taller presencial en el departamento de Chocó, Colombia – una zona marcada por su lejanía, fragilidad ambiental y presiones migratorias. En colaboración con ONG y actores humanitarios, el énfasis fue garantizar acceso seguro al agua mediante tratamiento portátil, dosificación de cloro y prácticas WASH adaptadas al contexto local.

Chocó enfrenta aislamiento geográfico, ausencia de infraestructura de redes y flujos migratorios a través del Darién (con más de 520,000 personas migrantes en 2023). En ese marco, el agua segura deja de ser un lujo y se vuelve una necesidad crítica en situaciones de crisis.

Socios locales recalcaron dicha urgencia:

- **Fabian Bernal (NRC):** "WASH es esencial ... para reducir fuentes de contaminación y prevenir muertes infantiles por enfermedades gastrointestinales."
- **Suleynis Palacios Ibargüen (NRC):** "Aunque Chocó cuenta con muchas fuentes de agua, su calidad es deficiente ... el acceso al agua potable es indispensable."

**Brasil en foco:
ampliando nuestra
presencia en
América Latina**

Con herramientas portátiles Fáciles de usar en el terreno – dosis de cloro, instrumentos de muestreo de calidad de agua, módulos de capacitación – los actores locales están mejor preparados para actuar con rapidez y eficacia, incorporando resiliencia a los sistemas de respuesta en emergencias.

Aunque Brasil es de habla portuguesa, su escala e influencia lo hacen indispensable dentro de la estrategia latinoamericana en agua. En el estado de Bahía, los extremos climáticos, la limitación de plantas de tratamiento centralizadas y la dependencia rural de ríos y pozos representan retos particulares. Con la iniciativa Water Quality Month y colaboraciones en curso, CAWST trabaja junto al Instituto Mamirauá y ONG brasileñas para fortalecer capacidades locales en monitoreo de calidad de agua, tratamiento descentralizado y mantenimiento comunitario.

Nuestro enfoque en Brasil se basa en la co-creación: no entregamos soluciones preestablecidas, sino que adaptamos herramientas, materiales de formación y esquemas de monitoreo según los ecosistemas regionales y las realidades institucionales. A medida que los socios locales fortalecen sus capacidades, lideran la implementación y ampliación de intervenciones WASH en la Amazonía y zonas semidesérticas, consolidando a Brasil como un polo de conocimiento regional.

Para muchas personas, el filtro de bioarena ha sido un cambio radical, permitiendo a los residentes vivir vidas más saludables, sin tantos dolores de estómago.





"Sé cuánto sufren las personas aquí con el acceso a agua insegura. Soy una de ellas. Nací y crecí en este lugar."
Sra. Jacqueline, Paquetá, Brasil

Más allá del trabajo de campo, CAWST alberga una de las bibliotecas gratuitas más grandes del mundo en recursos WASH. Nuestra plataforma en línea alberga más de 3,000 materiales de acceso abierto: manuales, módulos e-learning, guías prácticas, estudios de caso y más – todos diseñados para que profesionales, organizaciones comunitarias y gobiernos puedan actuar de inmediato.

Esta biblioteca es esencial para nuestra estrategia de escalamiento: al poner el conocimiento al alcance de todos, empoderamos actores locales en cualquier lugar para aprender, adaptar y replicar – un efecto multiplicador que acelera el impacto mucho más allá de lo que podríamos lograr solos.

Objetivos audaces, alianzas decisivas

En 2024, las acciones de CAWST contribuyeron a mejorar condiciones WASH para 22.6 millones de personas, en colaboración con 1,385 organizaciones en 89 países. Pero nuestra ambición va más lejos: estamos comprometidos a ayudar a 230 millones de personas para 2030 mediante mejores prácticas de agua, saneamiento e higiene.

Ese objetivo no se puede alcanzar en solitario. Necesitamos nuevos colaboradores, socios y clientes en toda América Latina: gobiernos municipales, ONG, actores del sector privado y donantes internacionales. Creemos en un futuro en el que el agua limpia es la línea de partida, no la meta – donde cada persona comienza su vida con agua segura como base, no como privilegio.

Trabajando juntos para una transformación sistémica

La estrategia de CAWST en América Latina descansa en cuatro pilares:

1. **Innovación** – desde el filtro de bioarena hasta sistemas de captación de lluvia y herramientas digitales de planificación.
2. **Colaboración** – aliándose con Cántaro Azul, NRC, Instituto Mamirauá y otros más allá de fronteras políticas y geográficas.
3. **Desarrollo de capacidades** – mediante capacitación presencial, mentoría y el acceso a nuestra vasta biblioteca gratuita WASH.
4. **Localización y adaptación** – ajustando soluciones a entornos, instituciones y culturas específicas.

Cuando los actores locales cuentan con herramientas y conocimiento, las soluciones perduran. Al ampliar asociaciones y fortalecer la confianza en América Latina, avanzamos hacia esa visión: un mundo donde el agua limpia es solo el punto de partida.

Llamado a la acción

Invitamos a gobiernos, ONG, empresas privadas y donantes en México, América Latina y Norteamérica a sumarse a esta misión. Juntos podemos:

- Escalar modelos comprobados como la filtración con filtros de bioarena, captación de lluvia y sistemas de tratamiento portátiles.
- Fortalecer programas de formación WASH para facilitadores, técnicos municipales y respondedores en emergencias.
- Codesarrollar herramientas, cursos y programas comunitarios adaptados a cada contexto



**Hagamos del agua
segura la línea de partida
para todos.**

www.cawst.org



Comunicado de Prensa

Acacías, Meta, 8 de octubre de 2025

Una nueva planta de tratamiento de agua potable transforma la vida de cientos de estudiantes en Acacías



Con el respaldo de la **Embajada de la República Checa**, la **Alcaldía de Acacías**, la **Fundación para el Desarrollo Humano en Colombia** – **FUNDESARH** y la iniciativa **900 metros de cultura**, se entregó de forma oficial este 8 de octubre la planta de

tratamiento de agua potable en la institución educativa Luis Carlos Galán Sarmiento, del municipio, beneficiando directamente a más de 1.200 niñas, niños, adolescentes, docentes y familias de la comunidad.

Este proyecto representa más que una obra de infraestructura: es un acto de justicia social y un compromiso con el derecho humano al agua. Durante 45 días de obra civil, 15 días de instalación técnica y varios días de pruebas de laboratorio, se garantizó que el agua que consumen los estudiantes sea **100% apta para el consumo humano**, certificada bajo estándares de calidad.

“Hoy no entregamos solo una planta de agua, hoy entregamos esperanza y futuro para nuestros niños”, expresó **Orlando Castiblanco Duarte**, Director de Relaciones con la Comunidad de FUNDESARH. “Cada gota de agua limpia que brota aquí es una gota de justicia social. El agua no es un privilegio, es un derecho fundamental”.



La comunidad escolar será protagonista en la sostenibilidad del proyecto, asumiendo el cuidado de la planta y fortaleciendo una **cultura del agua** entre estudiantes, docentes y familias.

Carrera 7 No 21 – 65 piso 7 teléfono 3102721932
Fundesarh@gmail.com



Con esta entrega, FUNDESARH reafirma su misión de garantizar acceso a agua potable en contextos vulnerables, contribuyendo a mejorar la salud, la permanencia escolar y la calidad de vida en los territorios.

“El agua no es un privilegio, es un derecho humano fundamental.”



Carrera 7 No 21 – 65 piso 7 teléfono 3102721932
Fundesarh@gmail.com

AyA: PASADO, PRESENTE Y FUTURO



En este artículo me permito abordar el pasado, presente y futuro del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), con el propósito de analizar los hechos que antecedieron a la creación del SNAA, hoy AyA; los éxitos y fracasos de esta noble institución, con el objetivo de establecer algunos lineamientos para reorientar el futuro inmediato, a mediano y largo plazo.

A manera de antecedentes, es importante resaltar textualmente lo indicado por el presidente de la república Otilio Ulate Blanco (1949-1953): "la gastroenteritis y el parasitismo son el flagelo nacional" y que "mientras no se corrija la fuente de contaminación no se terminarán esas enfermedades".

Posteriormente, en 1960 la administración de Mario Echandi, ante la recurrente crisis del suministro de agua en el Área Metropolitana, presentó un proyecto al gobierno de EUA, para mejorar y financiar la ampliación de la cobertura de agua potable en la capital de Costa Rica. Dicha solicitud fue acogida con el requisito de que, de previo se creara una entidad independiente para la administración y operación del suministro de agua potable y saneamiento. Fue así, como el 14 de abril de 1961 se aprobó la creación del SNAA, mediante la Ley 2726, a la cual se le brindaron funciones operadoras y de rectoría para ampliar ambos servicios en el territorio nacional. A partir de su fundación esta entidad, atendió primero la crisis de los servicios de agua, ampliando la cobertura y mejorando su calidad en los cantones de la capital.

En 1964, estableció con el liderazgo del Dr. Edgar Ortiz Castro, el Laboratorio Central del AyA, para controlar la calidad del preciado líquido. En 1966, en una sabia decisión se creó el "Programa Nacional de Acueductos Rurales".

Luego, en la década de los 70s, se ampliaron las coberturas de agua potable, estableciendo acueductos en las regiones del país. Se construyó el alcantarillado en Puntarenas Centro, y en parte de San José. En 1976, el SNAA fue renombrado como AyA.

En 1984, esta importante entidad fue intervenida por el Poder Ejecutivo del gobierno de Luis Alberto Monge, debido a problemas en la facturación, que pusieron en riesgo el desarrollo de infraestructura como primera etapa del proyecto Orosi, fundamental para el abastecimiento de agua en el Área Metropolitana, los sistemas municipales de Paraíso y Cartago. A partir de esta intervención el AyA disfrutó un periodo importante de florecimiento, con el desarrollo de una mística laboral e identidad. En ese mismo orden, el Laboratorio Central, estableció mecanismos prácticos para inducir el mejoramiento de la calidad del agua, creando en 1996 el Programa Bandera Azul Ecológica, para democratizar la toma de decisiones en la sociedad para prevenir la contaminación de las fuentes de agua, ríos y playas.

En 1997, mediante el decreto ejecutivo 26-066-S, se designó al Laboratorio Central como Laboratorio Nacional de Aguas, el cual también impulsó el Programa Sello de Calidad Sanitaria, para que los entes operadores de acueductos suministren agua de calidad potable, en forma sostenible y en armonía con la naturaleza. Con estos instrumentos y el gran esfuerzo del área operativa y la rectoría, la cobertura de calidad del agua potable pasó del 72% al 91,5% entre el 2002 y el 2024. Estos avances



convirtieron a Costa Rica, en uno de los países de donde se puede tomar el agua directamente del grifo en las Américas. No obstante, en lo que respecta a la recolección y tratamiento de las aguas residuales, los avances han sido lentos al desaprovechar los préstamos aprobados para al menos 5 proyectos.

Ante este pasado y presente, con humildad me permito proponer los siguientes lineamientos para mejorar ambos servicios a mediano y largo plazo: reactivar los empréstitos para cumplir con el proyecto Orosi II, los alcantarillados sanitarios de Jacó, Quepos, Golfito, Palmares y la segunda etapa del proyecto de mejoramiento ambiental de San José. Aunado a esto, considero fundamental crear dentro del AyA el Centro de Capacitación de Agua Potable y Saneamiento, además de reactivar, con hechos, las políticas de agua potable y de aguas residuales, con horizontes al 2045. También es menester modernizar la Ley Constitutiva del AyA, transformando la institución en una empresa pública, el 100% propiedad del Estado, con un énfasis hacia un modelo de servicio público, con un enfoque técnico de rendición de cuentas hacia sus propietarios: la población costarricense.

✓ ¿Buscas Asesoría en el desarrollo de tu capital humano?

✓ ¿Tienes tu presupuesto de capacitación y no sabes por dónde empezar?

✓ ¿Tienes en tus objetivos diseñar un Plan estratégico de capacitación?



✓ ¿Necesitas trazar un Plan Curricular basado en competencias y perfiles de puesto?

✓ ¿Requieres ayuda para organizar tu webinar?

✓ ¿Deseas profundizar tu conocimiento en materia de agua?

Contáctanos:

grupomedir2025@outlook.com



EVALUAR PARA TRANSFORMAR: POR QUÉ LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO IMPORTA

EN UN CONTEXTO DONDE EL RELOJ DE 2030 AVANZA MÁS RÁPIDO QUE LAS OBRAS, EVALUAR YA NO ES UN TRÁMITE; ES GESTIÓN ESTRATÉGICA. ANCLA LA TOMA DE DECISIONES EN EVIDENCIA, PROTEGE LA SALUD PÚBLICA, MEJORA EL RETORNO SOCIAL DE CADA DÓLAR Y FORTALECE EL DERECHO HUMANO AL AGUA Y AL SANEAMIENTO. PARA OPERADORES, GOBIERNOS Y COOPERACIÓN, LA CONSIGNA ES CLARA: EVALUAR PARA APRENDER, CORREGIR Y ESCALAR.



El punto de partida: estamos fuera de ruta

Por Nelson Medina Rocha y
Carmen Pong Wong, especialistas
en Evaluación de Programas y
Proyectos de Agua y Saneamiento

A mitad de camino hacia 2030, el mundo no avanza al ritmo necesario para cumplir el ODS 6. Los análisis oficiales de la ONU señalan que, para lograr acceso universal al agua potable gestionada de forma segura, habría que acelerar el progreso hasta seis veces, y cinco veces para el saneamiento seguro (y tres veces para higiene básica). Evaluar rigurosamente proyectos y programas es, hoy, una condición para reencauzar inversiones y políticas.

Qué entendemos por “evaluar” (y por qué influyen las decisiones)

La evaluación proporciona un juicio de valor sobre un proyecto utilizando criterios acordados internacionalmente. El marco OCDE-CAD define seis criterios: pertinencia, coherencia, eficacia, eficiencia, impacto y sostenibilidad;

no es un check-list rígido, sino un conjunto de preguntas para valorar el mérito de una intervención y orientar decisiones presentes y futuras. Aplicarlos “con cabeza” evita sesgos (por ejemplo, medir solo productos físicos) y ayuda a priorizar lo que de verdad cambia la vida de la gente: servicio continuo, calidad y asequibilidad.

Un Caso: La salud pública primero, de la planta al grifo

La OMS recomienda los Planes de Seguridad del Agua (WSP) como el medio más eficaz para asegurar de forma consistente la inocuidad del suministro: identificar peligros, controlar riesgos “de la captación al usuario”, monitorear y corregir. Evaluar si un operador implementa WSP –y cómo los integra a operación y mantenimiento– reduce fallas de calidad, brotes y costos sanitarios.

Valor por dinero: lo que devuelven estas inversiones

La evidencia económica es contundente: a escala global, los análisis de costo-beneficio estiman BCR ≈ 5.5 en saneamiento, ≈ 2.0 en agua, y ≈ 4.3 de forma combinada (retornos por tiempo ahorrado, productividad y menor gasto sanitario). Evaluar con métricas de costo-efectividad y BCR ayuda a optimizar diseños (p. ej., priorizar micro-sectorización antes que expansiones costosas) y a secuenciar inversiones para capturar beneficios tempranos.

Sostener lo logrado: sistemas, no solo obras

La sostenibilidad depende de sistemas que funcionen: gobernanza clara, financiamiento de O&M, datos confiables y personal capacitado. El reporte GLAAS monitorea precisamente esos “pies y manos” del sector (gobernanza, monitoreo, finanzas y RR. HH.). Incluirlos en la evaluación (¿hay presupuesto para operación? ¿se reporta continuidad y calidad con trazabilidad?) reduce el riesgo de “obras huérfanas” que pierden desempeño en pocos años.

Derechos y equidad: a quién llegan los beneficios

Desde 2010, la Asamblea General de la ONU reconoce el derecho humano al agua y al saneamiento; evaluar proyectos permite verificar accesibilidad, calidad, asequibilidad y no discriminación, incluyendo la perspectiva de género y territorio. Los informes del JMP (OMS/UNICEF) documentan brechas persistentes –y por qué cerrarlas exige mirar dentro de los promedios nacionales–, algo que una evaluación responsable debe reflejar.

Eficiencia operativa y energética: pérdidas que también son emisiones

Medir y reducir Agua No Facturada (ANF/NRW) con la metodología IWA/AWWA (auditorías de agua y control de pérdidas, AWWA M36) es una de las palancas con mayor retorno operativo. Menos fugas y fraudes implican menores costos por m³ servido y menos energía por cada unidad distribuida. En paralelo, las guías del Banco Mundial/ESMAP muestran que la eficiencia energética en utilidades de agua y saneamiento suele ofrecer ahorros sustanciales y pagaderos con los propios ahorros. Evaluar con Indicadores de Desempeño Claves (KPIs) como kWh/m³, presión objetivo, balances por microsector y tiempos de reparación sitúa la conversación donde importa: desempeño real y factura eléctrica.

Rendición de cuentas y aprendizaje: del caso puntual a la política pública

Una evaluación genera evidencia útil para “escalar lo que funciona” y coordinar a donantes y gobiernos, evitando duplicidades y fragmentación. Además, alinea los informes con los criterios OCDE-CAD, facilita la comparabilidad entre proyectos y períodos y refuerza la transparencia frente a la ciudadanía.

KPIs sugeridos (tablero trimestral):
ANF (%),
continuidad 24 h (% de conexiones),
presión objetivo (% de red dentro de banda), kWh/m³, cumplimiento de calidad (% de muestras conformes), TMR (horas), recaudo (%), escuelas/centros de salud con WASH funcional.

HURACANES Y SERVICIOS DE AGUA EN REPÚBLICA DOMINICANA: QUÉ PASÓ Y QUÉ APRENDIMOS



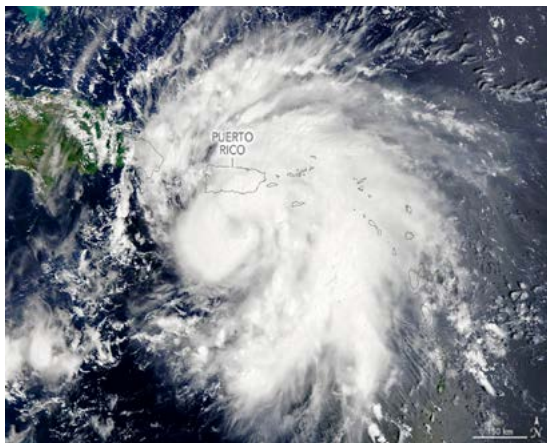
EN LA REPÚBLICA DOMINICANA, LOS HURACANES GOLPEAN LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE TRES MANERAS: POR EL ENTURBIAMIENTO E INUNDACIÓN DE SUS FUENTES, LA FALTA DE ENERGÍA EN PLANTAS Y SOBRECARGA DEL DRENAJE QUE OCASIONA DESBORDES Y “BYPASS”. A PARTIR DE FIONA (2022), LOS EFECTOS PERIFÉRICOS DE BERYL (2024) Y EL ANTECEDENTE GEORGES (1998), SE RESUMEN IMPACTOS VERIFICADOS Y LECCIONES OPERATIVAS PARA PRESTADORES URBANOS Y RURALES.

¿Qué suele fallar primero?

Captaciones y plantas: las crecidas disparan la turbidez y arrastran sedimentos; muchas plantas deben parar o bajar la producción hasta que el agua cruda vuelve a rangos normales. En Fiona (2022) se reportaron 78 acueductos fuera de servicio con 1,174,637 usuarios afectados y la mitad de los daños se asoció a inundaciones en provincias del Este y el Cibao.

Energía para bombear: cortes eléctricos interrumpen captaciones, rebombes y tratamiento; sin respaldo, la red pierde presión y crecen los riesgos de intrusión. (Patrón reiterado en los partes de Fiona).

Alcantarillado sobrecargado: lluvias extremas y anegamientos fuerzan desbordes y operación en contingencia de estaciones y PTAR, con impactos sanitarios y ambientales si no hay energía/derivaciones seguras. (Guías y reportes de situación lo señalan como riesgo clave).



Casos recientes (y lo que dejaron) Huracán Fiona. 19–22 septiembre de 2022

Magnitud del impacto WASH: 78 acueductos fuera de servicio (3 parcialmente), 1,174,637 usuarios con afectación; provincias críticas: La Altagracia, El Seibo, Hato Mayor, Monte Plata, Duarte, Sánchez Ramírez, entre otras. Se activaron puntos de distribución y cisternas.

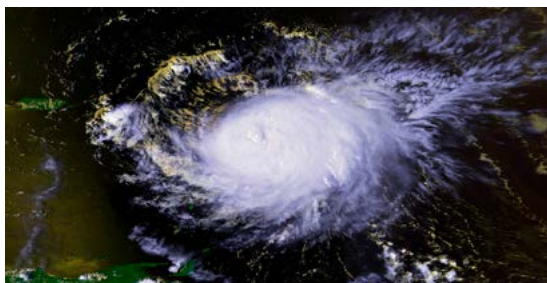
Operación urbana: en el Gran Santo Domingo, CAASD ajustó operación y resaltó el aprovechamiento de embalses tras las lluvias, reduciendo el impacto en continuidad en la capital.



Huracán Beryl 1–3 julio de 2024 (efectos periféricos)

Santo Domingo: CAASD informó operación normal de sus acueductos; solo Duey salió por turbidez ~8 horas, luego restablecido. Mientras, imágenes satelitales de la International Charter mapearon inundaciones urbanas en la capital.

Lectura: aun sin impacto directo del ojo, las bandas de lluvia tensan alcantarillado y calidad de fuente; los grandes sistemas pueden sostener continuidad si cuentan con respaldo y maniobra.



Huracán Georges Septiembre de 1998 (antecedente mayor)

Daño masivo: INAPA notificó daños a 122 plantas de tratamiento de agua potable, además de afectación en redes; la recuperación tomó meses y marcó la agenda de refuerzo del sector.

Cinco lecciones para operar mejor en temporada ciclónica

- **Umbral claros de calidad:** define turbidez/olor/sabor que obligan a parar o cambiar fuente; prepara mezcla de fuentes y interconexiones para sostener caudal básico.
- **Respaldo energético real:** generadores probados en captaciones, rebombes, PTAP y estaciones de alcantarillado; logística de combustible con acuerdos previos.
- **Plan de distribución alterna:** cisternas/estanques pre posicionados, rutas seguras y priorización de hospitales, albergues y barrios en ladera.
- **Comunicación sanitaria:** protocolos con Salud para avisos “hervir/no beber”, y criterios para levantarlos [cloro residual, E. coli, turbidez].
- **Alcantarillado en modo tormenta:** lista de estaciones críticas con respaldo; bypass controlado y EPP para cuadrillas; coordinación con limpieza de pluviales para evitar obstrucciones.

En resumen:

En República Dominicana, los huracanes provocan sobre todo paros por turbidez e inundación y fallas eléctricas que afectan el agua potable; el alcantarillado sufre sobrecargas y desbordes. Donde hay respaldo energético, maniobra operativa y comunicación sanitaria, como se vio en Santo Domingo con Beryl (2024), es posible amortiguar el impacto y recuperar rápido.

Fuentes claves

- COE-RD, Informe de situación Fiona (20-sep-2022): 78 acueductos fuera de servicio; 1,174,637 usuarios afectados. [coe.gob.do]
- IFRC/ReliefWeb – Fiona (2022): síntesis de impactos y operación de respuesta. (ReliefWeb)
- CAASD – Comunicado Beryl (4-jul-2024): operación normal; Duey fuera 8 h por turbidez. [portal.caasd.gob.do]
- International Charter – Beryl (jul-2024): mapas de inundación en Santo Domingo. (disasterscharter.org)
- OPS/INAPA – Georges (1998): 122 plantas de agua potable con daños. (cidbimena.bvs.hn)



REVISTA AGUA

AYUDANOS A CONTINUAR CON ESTE PROYECTO
QUE BUSCA CREAR CULTURA DE CONOCIMIENTO
ACERCA DE ESTE VITAL LIQUIDO

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

CUANDO LA TIERRA TIEMBLA Y EL AGUA FALTA: LECCIONES DE CHILE EN RESILIENCIA HÍDRICA POST- TERREMOTOS

CADA TERREMOTO EN CHILE HA SIDO UNA LECCIÓN EN INGENIERÍA Y GOBERNANZA. DEL CAOS DEL 2010 EMERGIÓ UN SISTEMA MÁS ROBUSTO, DONDE EL AGUA –INCLUSO EN MEDIO DEL TEMBLOR– SIGUE SIENDO UN DERECHO QUE NO SE INTERRUMPE.

(Basado en informes de SISS, DOH-MOP, AIDIS Chile, NZSEE y GFDRR, 2010–2024)

Un país sísmico, una red vital

Chile es un laboratorio natural de desastres y resiliencia. Desde el megaterremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010 (Mw 8,8), cada evento sísmico ha puesto a prueba la infraestructura de agua potable y saneamiento, revelando sus vulnerabilidades –pero también su capacidad de recuperación.

Las lecciones aprendidas han convertido al país en un referente regional sobre gestión de riesgo y continuidad operacional del servicio hídrico.

Daños típicos observados

Los efectos se repiten con patrones predecibles:

- Roturas en aducciones y matrices: fracturas por desplazamientos del terreno y licuefacción.
- Fallas estructurales en estanques y captaciones: en zonas costeras, el tsunami agrava el daño.
- Dependencia eléctrica: los cortes de energía interrumpen bombeos y plantas.
- Riesgos de calidad: la pérdida de presión favorece intrusión o contaminación cruzada.
- Vulnerabilidad rural: los sistemas APR (Agua Potable Rural) son los más afectados; en 2010, 422 de 748 quedaron inutilizados.

Casos emblemáticos

2010 – El 27/F: terremoto y tsunami (Mw 8,8)

Fue el punto de inflexión.

Las empresas sanitarias Essbio–Nuevosur reportaron severas roturas en redes, estanques y plantas como La Mochita (Concepción–Talcahuano). Santiago (Aguas Andinas) mantuvo operación con daños menores, gracias a redundancia eléctrica y reservas de agua. En el ámbito rural, los APR colapsaron masivamente; el MOP logró rehabilitarlos al 100 % durante 2011.

2014 – Iquique (Mw 8,2)

El sismo provocó cortes iniciales en Iquique, Alto Hospicio y Arica.

La empresa Aguas del Altiplano activó distribución con estanques y camiones aljibe hasta normalizar la producción.

2015 – Illapel/Coquimbo (Mw 8,3)

Los daños en aducciones dejaron a Illapel y Salamanca sin agua por varios días; 40 000 usuarios en La Serena–Coquimbo fueron abastecidos mediante cortes programados nocturnos.

Se incorporaron estanques reforzados y juntas flexibles en la reconstrucción.
2024 – San Pedro de Atacama (Mw 7,3–7,4)

El más reciente evento mostró avances en resiliencia: no se registraron daños estructurales importantes ni afectaciones al agua urbana ni a los APR.

Las mejoras aplicadas después de 2010 –anclajes, respaldo eléctrico y diseño sísmico– demostraron su eficacia.

Lo que Chile aprendió
Tras más de una década de eventos, las políticas de agua y saneamiento incorporaron un enfoque de gestión integral del riesgo:

Enfoque	Medidas aplicadas
Diseño sísmico	Juntas flexibles, anclajes antisísmicos, estanques semienterrados y refuerzo de aducciones críticas.
Continuidad del servicio	Planes de emergencia con respaldo eléctrico , logística de combustible y repuestos críticos.
Respuesta al cliente	Sectorización de redes, presurización gradual, muestreo de calidad antes de restablecer el servicio.
Ruralidad	Rehabilitación del programa APR , con estanques reforzados y capacitación local para mantenimiento.

Estas medidas hoy están normadas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) y el Ministerio de Obras Públicas (DOH-MOP), e integradas en el Plan Nacional de Seguridad del Agua (2020–2030).

Evolución comparativa

Año	Magnitud	Regiones afectadas	Usuarios sin agua (estimado)	Lecciones
2010	8,8	Maule, Biobío, RM	> 2 millones	Introducción de diseño sísmico y resiliencia eléctrica
2014	8,2	Tarapacá, Arica	250 000	Distribución alternativa (estanques móviles)
2015	8,3	Coquimbo	50 000	Mejoras en estanques y aducciones críticas
2024	7,4	Antofagasta	N/A	Sistemas urbanos y rurales sin daños relevantes

Una referencia para América Latina

La experiencia chilena ofrece un modelo replicable para países de la franja andina y centroamericana, donde los sismos y huracanes afectan el agua potable.
Su combinación de infraestructura reforzada, planificación preventiva y coordinación institucional demuestra que la resiliencia no se improvisa: se diseña y se mantiene.

EL AGUA COMO PACTO EMPRESARIAL: EL SECTOR PRIVADO ANTE EL DESAFÍO DEL ODS 6

EL ODS 6 ES MÁS QUE UN COMPROMISO: ES UNA URGENCIA COMPARTIDA. LA PROTECCIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS REQUIERE UNIR A LA CIENCIA, LA EMPRESA Y LA COMUNIDAD EN UNA SOLA CORRIENTE DE ACCIÓN. CADA GOTA DEVUELTA A LA NATURALEZA ES UNA INVERSIÓN EN EL FUTURO.

La crisis climática también es una crisis del agua

El agua, esencia de toda vida, se encuentra hoy en el epicentro de la crisis climática. Según Naciones Unidas, 2.300 millones de personas viven en países con estrés hídrico y 733 millones en zonas de estrés hídrico crítico.

La evaluación global del ODS 6 (Agua y Saneamiento) revela un panorama preocupante: las metas hídricas están lejos de alcanzarse, y se prevé un déficit del 40 % en la disponibilidad mundial de agua para 2030.

Frente a este escenario, la gestión corporativa del agua emerge como un factor esencial para la resiliencia climática. La COP28, celebrada en Dubái en diciembre de 2023, marcó un punto de inflexión: por primera vez, el agua fue reconocida como eje central de la acción climática global.

Por Revista AGUA
(Basado en The HEINEKEN Company,
CEO Water Mandate, COP28 y ONU-Agua,
2023-2024)



De la sensibilización a la acción colectiva

Durante la COP28, la Coalición de Resiliencia Hídrica (Water Resilience Coalition, WRC) del CEO Water Mandate, en conjunto con el Pacto Mundial de las Naciones Unidas, reafirmó su compromiso de “avanzar más rápido” hacia la seguridad hídrica global.

El objetivo: generar un impacto positivo en 100 cuencas hidrográficas críticas para 2030, mediante proyectos de restauración, gobernanza y equidad social.

Más de 55 empresas multinacionales, entre ellas HEINEKEN, Unilever, Coca-Cola, Nestlé y Veolia, forman parte de esta alianza público-privada que busca transformar la gestión del agua en una misión compartida entre empresas, gobiernos, ONG y comunidades locales.

El principio es claro: “el agua no es propiedad de nadie, pero su protección es responsabilidad de todos.”



HEINEKEN: 159 años de cultura hídrica

Desde su fundación en 1864, el agua ha sido el centro de la historia de HEINEKEN. Su fundador, Gerard Adriaan Heineken, estableció no solo su primera cervecera, sino también un suministro de agua potable para las comunidades de Ámsterdam.

Esa visión sigue viva en su estrategia global de sostenibilidad "Brew a Better World", integrada dentro del marco EverGreen, cuyo eje principal es la salud de las cuencas hidrográficas.

Actualmente, la compañía opera en 32 ubicaciones con estrés hídrico, donde impulsa programas de protección y restauración en 28 de ellas.

De estas, un 28 % ya ha alcanzado el balance hídrico, es decir, devuelve a la cuenca local el equivalente al volumen de agua utilizado en su producción.

Ejemplos de acción hídrica global

El agua como eje de la adaptación climática

La Mesa Redonda Ministerial sobre Ecosistemas de Agua Dulce, celebrada en la COP28, reunió a más de 30 países que se comprometieron con el Desafío del Agua Dulce (Freshwater Challenge), una iniciativa que busca restaurar ríos, lagos y humedales degradados y proteger los ecosistemas hídricos esenciales.

Además, 123 naciones respaldaron la integración del agua, saneamiento y salud dentro de los Objetivos Globales de Adaptación, reforzando la idea de que la seguridad hídrica es también seguridad alimentaria y sanitaria.

La Coalición de Resiliencia Hídrica (WRC) avanza ya en 15 cuencas activas dentro de su plan "100 Cuencas 2030", donde se están restaurando más de 700 000 hectáreas de ecosistemas.

Estos esfuerzos consolidan un nuevo paradigma: el agua no solo es un insumo, sino una infraestructura natural de resiliencia climática



- **Nigeria:** plantación anual de 60 000 árboles nativos hasta 2031 para mejorar la infiltración.
- **Vietnam:** programa WASH (Agua, Saneamiento e Higiene) que beneficia a más de 6 000 personas.
- **México:** el Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey (FAMM), con más de 40 aliados, ha reforestado 1 400 hectáreas.
- **Indonesia:** alianzas con comunidades y ONG locales para restaurar las cuencas Brantas y Cisdane, en las islas de Java y Sumatra.

Estos proyectos reflejan un enfoque de triple impacto: ambiental, social y económico, alineado con la visión de que los negocios prosperan solo cuando las comunidades prosperan.



ODS 6 y el rol del sector privado

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 –“Garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”– requiere una movilización sin precedentes del sector empresarial.

De acuerdo con ONU-Agua (2024), el financiamiento público actual cubre apenas el 30 % de las necesidades hídricas globales, por lo que la inversión privada sostenible y las alianzas corporativas son indispensables para cerrar esa brecha.

Empresas como HEINEKEN demuestran que la acción climática puede ir de la mano con la rentabilidad, mediante eficiencia hídrica, reducción de huella hídrica en la cadena de suministro, restauración de cuencas y cooperación multisectorial.



Un llamado global desde la COP28

“La crisis del agua no puede resolverse empresa por empresa, sino cuenca por cuenca.” Sonia Thimmiah, The HEINEKEN Company.



El mensaje de Dubái es contundente: la acción colectiva es la nueva forma de liderazgo.

Las empresas que integran el agua en el corazón de su estrategia no solo protegen un recurso vital, sino que también aseguran su licencia social para operar en un mundo cada vez más vulnerable.

Fuentes consultadas

Thimmiah, Sonia (2024). A Call to Action for the Private Sector in Achieving SDG 6 in the Midst of a Changing Climate. CEO Water Mandate – HEINEKEN.

Pacto Mundial de las Naciones Unidas (2024). Forward Faster: Water Resilience Goal.

COP28 UAE (2023). Ministerial Roundtable on Freshwater Ecosystems.

ONU-Agua (2024). World Water Development Report.

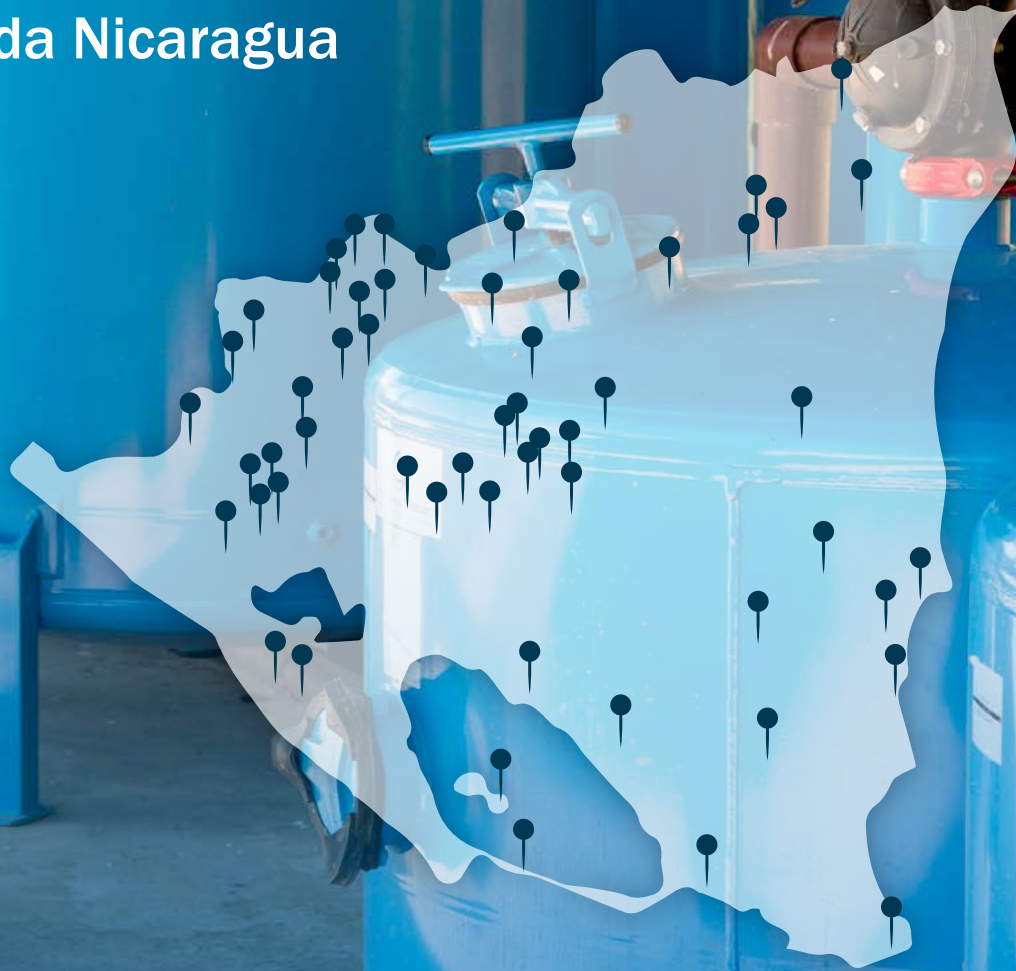
WRC (2024). 100 Basins by 2030 – Progress Report.

Un llamado a la acción para que el sector privado logre el ODS 6 en medio de un clima cambiante.



BRINDAMOS PRODUCTOS BRINDAMOS SOLUCIONES

Más de 20 años suministrando,
diseñando, y ejecutando proyectos
de Tratamiento de agua Potable
en toda Nicaragua



CONOCE MÁS





AMÉRICA LATINA: EL CONTINENTE DEL AGUA QUE SUFRE SED

AMÉRICA LATINA ES LA REGIÓN DEL MUNDO CON MÁS AGUA DULCE... PERO TAMBIÉN CON MILLONES DE SEDIENTOS.

SU DESAFÍO NO ES HALLAR AGUA, SINO APRENDER A CUIDARLA, DISTRIBUIRLA Y GOBERNARLA.

EL FUTURO DEL CONTINENTE AZUL DEPENDERÁ DE QUE LOGRE CONVERTIR SU ABUNDANCIA EN EQUIDAD, Y SU RIQUEZA NATURAL EN RESILIENCIA.

Por Revista AGUA
(Basado en GDA, ONU-Agua,
Banco Mundial, CEPAL y
UNESCO WWDR 2024)

Una paradoja hídric

Desde el cielo, América Latina y el Caribe parecen una tierra de abundancia: selvas tropicales, glaciares andinos, páramos, miles de ríos y el mayor acuífero del planeta, el Guaraní. Sin embargo, bajo esa imagen verde y azul se esconde una realidad inquietante: millones de personas carecen de acceso regular a agua potable y saneamiento seguro, a pesar de que la región concentra cerca del 30 % del agua dulce renovable del mundo. Una investigación del Grupo de Diarios de América (GDA) resume esta paradoja: el agua abunda, pero su distribución, gestión y calidad son profundamente desiguales. En muchos países, la crisis se origina no en la falta de lluvias, sino en la mala gobernanza, la infraestructura obsoleta y el impacto creciente del cambio climático.

Sequías y racionamientos históricos Brasil: el gigante sediento

La sequía de 2024 afectó al 70 % de los municipios amazónicos, dejando comunidades aisladas y colapsando la generación hidroeléctrica y la agricultura. El Pantanal, el humedal tropical más grande del mundo, perdió millones de hectáreas por incendios exacerbados por el calor y la deforestación.

La crisis muestra cómo el cambio climático altera los patrones de lluvia y compromete el futuro hídrico de la mayor cuenca fluvial del planeta. Colombia: el país del agua que no llega

Colombia: el país del agua que no llega

Aunque es una de las naciones más lluviosas del mundo, cerca del 20 % de los municipios colombianos son vulnerables al desabastecimiento. Bogotá vivió un racionamiento sin precedentes por el agotamiento de los embalses que la abastecen. Los expertos insisten: "el agua no viene del tubo, viene de los ecosistemas". La deforestación, la contaminación y el descuido de los páramos, verdaderas fábricas de agua agravan la situación. Uruguay: el agua



Uruguay: el agua salada del Río de la Plata

En 2023, Montevideo experimentó la peor crisis hídrica de su historia: el embalse Paso Severino se vació, y el agua que salía del grifo era salada. El 50 % del agua potabilizada se perdía por fugas en tuberías, un reflejo de décadas de desinversión. Como señaló el geógrafo Marcel Achkar, "la crisis fue un fracaso de gestión, no de escasez real".

Desigualdad estructural y fragilidad urbana

El acceso desigual es la constante regional. En Venezuela, el 77 % de la población tiene suministro intermitente y el 11 % carece por completo de agua. Los servicios de bombeo y tratamiento han colapsado en un 90 %, y la gente recurre a camiones cisterna a precios imposibles. En Perú, 3,3 millones de personas viven sin agua potable pese a sus vastos ríos amazónicos. En Argentina, el 20 % de la población no tiene acceso a agua segura, con un fuerte contraste entre regiones húmedas contaminadas y zonas áridas sin abastecimiento. La desigualdad territorial e institucional se repite en todo el continente.

Centroamérica y el Caribe: entre la sequía y la contaminación

Costa Rica

Aunque ostenta una cobertura nacional del 93 %, hay cantones donde apenas llega al 60 %. Las pérdidas por fugas e ilegalidad superan el 50 % del agua producida. En el Caribe sur, la contaminación por aguas residuales sin tratamiento afecta gravemente los ecosistemas costeros.

El Salvador

El 28 % de los hogares no recibe agua por cañería. El 95 % de las aguas superficiales está contaminado con metales pesados y heces fecales. Su nueva Ley General de Recursos Hídricos (2021) es criticada por priorizar intereses privados y carecer de enfoque de derecho humano al agua.

República Dominicana

Pese a su red de presas, el 74 % de su población sufre intermitencias. Las sequías estacionales, agravadas por el cambio climático, afectan las regiones del suroeste y noroeste.

El Pacto por el Agua (2021–2036) promete invertir 8.500 millones de dólares en infraestructura, pero el país aún carece de una autoridad hídrica unificada.

El cambio climático acelera la crisis

El calentamiento global multiplica los extremos: inundaciones más intensas, sequías más prolongadas y una pérdida acelerada de glaciares.

En Argentina, las lluvias torrenciales e inundaciones urbanas se intensifican; en México, la megaciudad enfrenta el fantasma del “día cero”, con acuíferos sobreexplotados y disponibilidad per cápita en caída libre.

El Banco Mundial (2024) advierte que la productividad hídrica agrícola en la región caerá un 25 % hacia 2050 si no se modernizan los sistemas de riego y gobernanza.

Mientras tanto, la UNESCO (WWDR 2024) estima que las pérdidas por fugas y mala gestión superan los USD 12 000 millones anuales en América Latina.

Una paradoja con solución

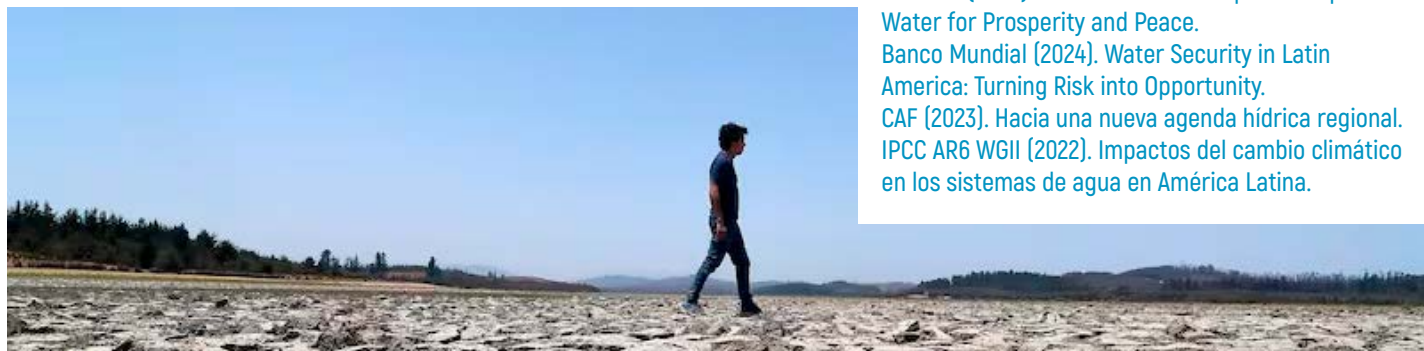
América Latina no padece escasez física de agua, sino una crisis de gestión.

La región necesita invertir en infraestructura, fortalecer las instituciones, proteger los ecosistemas y reducir las desigualdades. La CEPAL (2023) propone un enfoque de seguridad hídrica integral, basado en cinco ejes:

1. Protección de fuentes naturales (páramos, selvas, glaciares).
2. Eficiencia y control de pérdidas.
3. Acceso equitativo y gobernanza participativa.
4. Adaptación climática y soluciones basadas en la naturaleza.
5. Cooperación transfronteriza para la gestión de cuencas compartidas.

Fuentes consultadas

GDA (2024). América Latina y el Caribe: la tierra del agua desafiada por la sed.
CEPAL (2023). Panorama de la Gobernanza del Agua en América Latina y el Caribe.
UNESCO (2024). World Water Development Report: Water for Prosperity and Peace.
Banco Mundial (2024). Water Security in Latin America: Turning Risk into Opportunity.
CAF (2023). Hacia una nueva agenda hídrica regional.
IPCC AR6 WGII (2022). Impactos del cambio climático en los sistemas de agua en América Latina.





¿CÓMO APROVECHAR MEJOR EL AGUA DE LLUVIA EN LAS CIUDADES?

Por: Jorge Olavarria

**ESPECIALISTA EN INGENIERÍA
HÍDRICA | SCALL Y SUDS | ESTUDIOS,
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN |
CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO
PLUVIAL | PROYECTOS INTEGRALES |
CONSULTORÍA Y ASESORÍA TÉCNICA.**

El sistema de POZO DE ABSORCIÓN DE AGUA PLUVIAL es una herramienta crucial para la gestión sostenible del agua en entornos urbanos, particularmente en ciudades como la Ciudad de México, donde las lluvias torrenciales son cada vez más frecuentes e intensas debido al cambio climático. Estos pozos permiten la infiltración controlada del agua de lluvia al subsuelo, ayudando a mitigar inundaciones y encharcamientos, un problema recurrente en muchas zonas de la capital.

Uno de los aspectos más relevantes de los pozos de absorción en la CDMX es que NO REQUIEREN NINGUN PERMISO FORMAL para su construcción, sino que es suficiente con presentar un aviso a las autoridades competentes. Este procedimiento simplificado facilita la implementación de estas infraestructuras, promoviendo su adopción en proyectos tanto públicos como privados.

Además, la construcción de un pozo de absorción en la Ciudad de México puede GENERAR INCENTIVOS FISCALES en conformidad con la nueva ley ambiental de la CDMX. Esta legislación busca incentivar prácticas sostenibles que contribuyan a la recarga de acuíferos y la mitigación de los efectos adversos del cambio climático, como las inundaciones. A través de estos incentivos, se fomenta la participación activa de empresas y particulares en la adopción de medidas que benefician el medio ambiente y la resiliencia urbana.

La función primordial de un pozo de absorción es precisamente la MITIGACIÓN DE INUNDACIONES Y ENCHARCAMIENTOS que resultan de las intensas lluvias. Al permitir que el agua se infiltre directamente al subsuelo, estos sistemas ayudan a reducir la presión sobre el sistema de drenaje pluvial de la ciudad, disminuyendo así el riesgo de desbordamientos y encharcamientos en las calles. Este beneficio es cada vez más crítico, considerando las proyecciones de que las lluvias torrenciales en la CDMX continuarán aumentando en frecuencia y volumen en los próximos años.

EL SISMO DE CEBÚ (30-SEP-2025): IMPACTOS Y LECCIONES PARA EL AGUA POTABLE Y EL ALCANTARILLADO



UN TERREMOTO DE MW 6.9 SACUDIÓ EL NORTE DE CEBÚ (FILIPINAS) EL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2025 A LAS 21:59 (UTC+8). EN POCOS DÍAS DEJÓ DECENAS DE FALLECIDOS, MILES DE VIVIENDAS DAÑADAS Y CORTES EXTENSOS DE ENERGÍA QUE AFECTARON LA OPERACIÓN DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO. AQUÍ RESUMIMOS LO CONFIRMADO HASTA HOY Y QUÉ APRENDIZAJES PRÁCTICOS DEJA PARA LOS PRESTADORES DE SERVICIOS.

Qué pasó (y dónde pegó más)

El epicentro se ubicó costa afuera de Bogó (norte de Cebú) a ~5–10 km de profundidad, con miles de réplicas en los días siguientes. Autoridades nacionales reportaron al alza el balance de víctimas y daños en infraestructura (edificios, puentes, líneas eléctricas). Es el sismo más letal del país desde 2013.

Agua potable: qué falló y cómo se respondió

Interrupciones por daños y por apagones. En los primeros partes, autoridades y medios señalaron disrupciones del suministro por daño en conexiones y por la falta de energía para bombear y potabilizar. La escala del apagón abarcó centenares de miles de usuarios en Visayas, complicando reinicios y presurización.



Abastecimiento de emergencia. El Metropolitan Cebu Water District (MCWD) y su proveedor Manila Water desplegaron camiones cisterna hacia los municipios más afectados del norte de Cebú. En zonas no dañadas, el operador comunicó que el agua distribuida seguía siendo segura y el servicio, estable.

Nuevas surgencias y calidad post-sismo. Tras el evento se reportaron "nuevos manantiales" en el norte de Cebú. Expertos locales recomendaron no consumir esa agua sin análisis preliminares por posibles cambios hidroquímicos inducidos por el sismo. Este comportamiento –variaciones súbitas en nivel y calidad– está documentado en la literatura técnica tras terremotos.



Qué dicen las guías sanitarias. La OMS y autoridades de salud recomiendan, tras sismos e inundaciones, cloración continua, refuerzo del muestreo microbiológico y, si hay dudas, avisos de hervir el agua hasta verificar cloro residual, turbidez y E. coli. Para estabilizar la seguridad operativa a mediano plazo, la OMS impulsa Planes de Seguridad del Agua (WSP) con capítulos de emergencia.



Alcantarillado y aguas residuales: riesgos típicos en los primeros días

A falta de reportes municipales consolidados en las primeras 72–96 h, el patrón observado en sismos comparables y la guía sectorial anticipan riesgo elevado de desbordes por paros energéticos en estaciones de bombeo y plantas de tratamiento (PTAR), así como rupturas locales de colectores. La prioridad operativa es respaldo eléctrico, rutas de bypass controlado y protección del personal.

Nota sobre información en evolución. Los comunicados iniciales se centraron en víctimas, electricidad y agua potable; los daños específicos en colectores y PTAR suelen publicarse días o semanas después. Conviene seguir los Flash Updates humanitarios y los partes de defensa civil para mapas de afectación más finos.

Cinco lecciones operativas (aplicables en América Latina)

- 1 **Energía manda.** Sin electricidad, ni el agua potable ni el alcantarillado funcionan. Asegure generación de respaldo en captaciones, PTAP, rebombes y PTAR, con pruebas periódicas y combustible asegurado.
- 2 **Movilización temprana de agua segura.** Defina con antelación rutas de cisternas, puntos de entrega y criterios para activar avisos de hervir y levantarlos.
- 3 **WSP con escenarios sísmicos.** Incluya umbrales de turbidez/coliformes, controles, y protocolos de comunicación consistentes con salud. Revise el WSP anualmente.
- 4 **Verificación de fuentes alternativas.** Cualquier pozo o surgencia que "aparezca" post-sismo requiere pruebas antes de uso para consumo humano.
- 5 **Seguridad del personal y del público.** EPP, gestión de químicos, corte/aislamiento de tramos dañados y bypass documentado; luego, auditoría de líneas críticas y vulnerabilidades para mitigar en la reconstrucción.

Cronología breve del evento (hora local, UTC+8)

- 30-sep-2025, 21:59: sismo Mw 6.9 frente a Bogo (Cebú); sacudida intensa en municipios del norte.
- 1-2-oct: aumento del saldo de víctimas y confirmación de grandes apagones; caminos y puentes dañados dificultan acceso.
- 1-3-oct: MCWD y Manila Water despliegan camiones cisterna; continuidad y seguridad del agua confirmadas en áreas no afectadas.
- 3-5-oct: expertos alertan por nuevas surgencias y recomiendan análisis antes de consumir.

Recuadro práctico: lista rápida para operadores (post-sismo, primeras 72 h)

- Cloro residual en red ≥ 0.2 mg/L (puntos extremos) y muestreo intensivo de E. coli y turbidez; hervir si hay dudas.
- Chequeo de integridad: aducciones, tanques, válvulas, cruces de cauce y tramos con rellenos recientes.
- Energía: priorizar respaldo en rebombeos y estaciones de alcantarillado; plan de bypass y advertencias a la comunidad si hay desbordes.
- Fuentes alternativas: activar cisternas y puntos de distribución; prohibir fuentes no verificadas.
- Comunicación de riesgos unificada con salud (cuándo hervir, cuándo no beber, cuándo se levanta el aviso).



Fuentes clave consultadas

Partes iniciales del evento y afectaciones: AP, Reuters, The Guardian, PHIVOLCS.

Electricidad/servicios y logística humanitaria: OCHA/ReliefWeb (Flash Updates).

Respuesta del operador: MCWD y prensa local (SunStar).

Recomendaciones técnicas: OMS (WSP, avisos de hervir), EPA/CDC (respuesta agua/alcantarillado).

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**

LA HIDRATACIÓN Y SU EFECTO EN LAS ARTICULACIONES

LAS ARTICULACIONES SON VERDADEROS SISTEMAS HIDRÁULICOS NATURALES: SU LUBRICACIÓN, AMORTIGUACIÓN Y REPARACIÓN DEPENDEN DEL AGUA. MANTENERSE HIDRATADO NO SOLO PREVIENE DOLORES Y RIGIDEZ, SINO QUE TAMBIÉN PROTEGE EL CARTÍLAGO Y RETRASA EL ENVEJECIMIENTO ARTICULAR.



"CADA VASO DE AGUA QUE BEBEMOS NO SOLO APAGA LA SED: TAMBIÉN LUBRICA LA VIDA EN MOVIMIENTO."

Las articulaciones: un sistema hidráulico natural

Las articulaciones funcionan como bisagras biológicas que permiten el movimiento fluido entre los huesos. Su buen funcionamiento depende del líquido sinovial, una sustancia viscosa que actúa como lubricante y amortiguador hidráulico.

Este líquido está compuesto principalmente por agua (70-80%), proteínas y ácido hialurónico. Sin suficiente agua en el organismo, el líquido sinovial se vuelve más espeso, lo que aumenta la fricción y el desgaste del cartílago.

Cuando el cuerpo está bien hidratado el cartílago se mantiene flexible y elástico.

Cuando hay deshidratación se reseca, pierde grosor y aparecen microfisuras que con el tiempo pueden causar artrosis o dolor articular crónico.

La importancia del agua en el cartílago articular

El cartílago (tejido que recubre las superficies óseas) no tiene vasos sanguíneos. Obtiene sus nutrientes y oxígeno por difusión desde el líquido sinovial, que depende directamente de la hidratación corporal.



MARCÁ LA FECHA

20 Y 21 DE **NOVIEMBRE 2025** EN LA XI EDICIÓN
DE:



NICARAGUA
SAN
2025

RASNIC

RED DE AGUA Y
SANEAMIENTO
DE NICARAGUA

