



# AGUAS

LATINOAMÉRICA

Edición. 11 Junio 2019



# Índice

**COSTA RICA TRABAJA PARA SEGUIR GARANTIZANDO  
AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN**

**OBSERVATORIOS  
CIUDADANOS  
DEL AGUA**

**EL AGUA QUE NO VES**

**DÍA CERO**

Cuenta Regresiva, Ciudades en Riesgo

**“ANTOFAGASTA  
SERÁ UNA DE LAS CAPITALES DE LA  
DESALINIZACIÓN DEL MUNDO”**

**LA DESALACIÓN NO ES EL TEMA,  
EL TEMA ES EL AMBIENTE**

**ASOCIACIONES SIN FINES DE LUCRO  
GESTIONAN EL 24.3% DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

**CONTAMINANTES EMERGENTES**

REMOCIÓN POR OXIDACIÓN AVANZADA EN BASE A RADIACIÓN UV

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA  
AUTÓNOMO PARA SUMINISTRO  
DE AGUA**

**ALADYR EN LA ESCUELA**

**INSTALACIONES SANITARIAS DIGNAS  
PARA NIÑOS EN PERÚ**

**ALADYR CONGREGÓ A  
320 ASISTENTES  
EN SALVADOR**

# EDITORIAL

Entre nuestras páginas hallarán información de diferentes fuentes, organizaciones y empresas. Unas propuestas más técnicas otras más reflexivas, pero en esta ocasión reconocemos con gran acervo que la necesidad de impartir conocimiento y concientizar sobre el uso responsable del agua parte desde los más pequeños.

Destacan entre las notas, importantes iniciativas en las que se involucra a la comunidad y a los niños como pilares fundamentales para consensuar un futuro más amigable y promisorio en torno al acceso al agua potable.

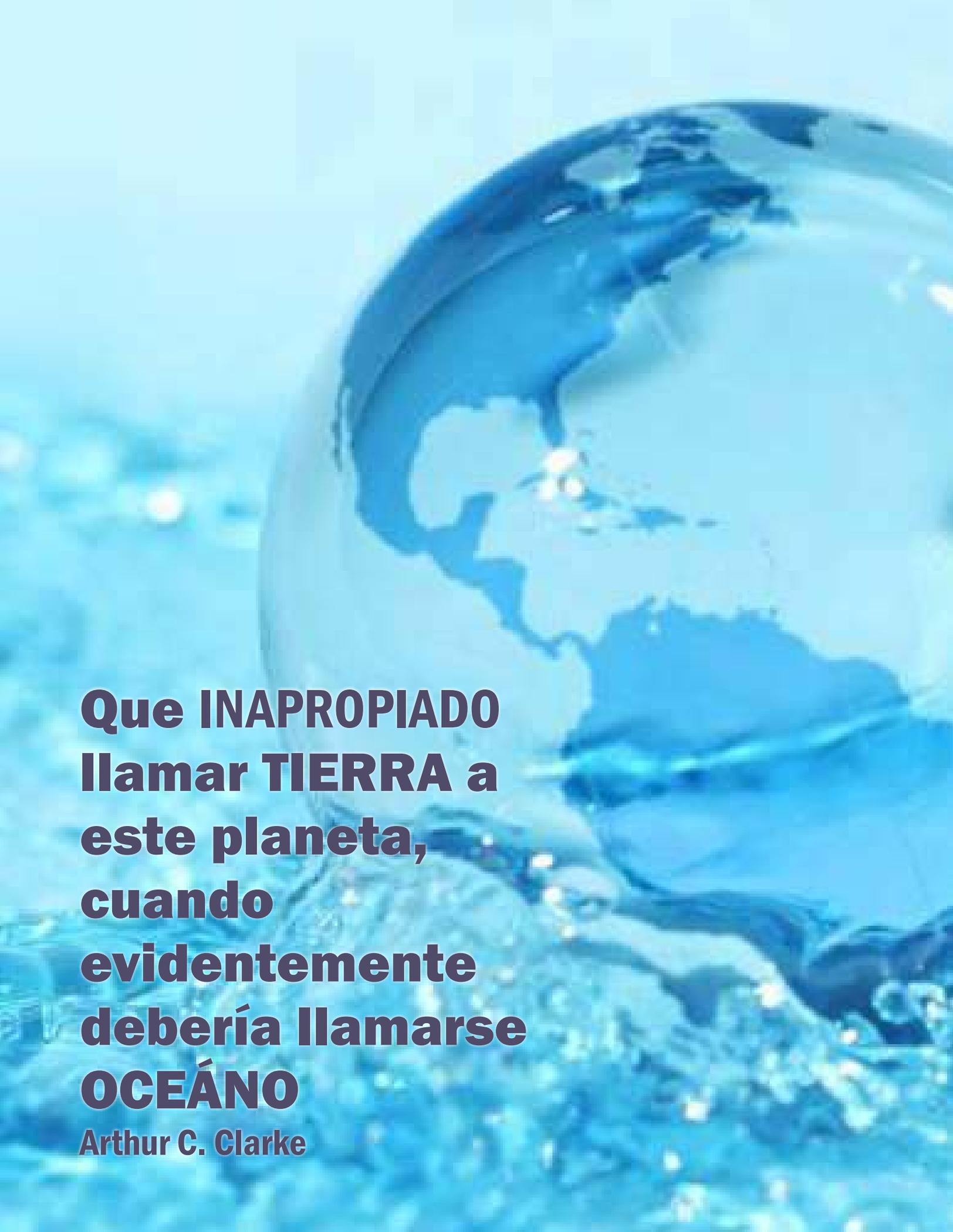
Vemos además que la idea es compartida, lo que indica claramente que no estamos solos en este proceso de llevar el conocimiento oportuno, sino que cada organismo, público, privado o mixto, tiene herramientas para lograrlo siendo la más valiosa el “Talento humano comprometido con el cambio”, dispuesto a llegar a comunidades lejanas, etnias, y niños.

Nos genera gratificación saber, porque la experiencia lo demuestra, que los niños son prestos a recibir información y aprender. Que a pesar de los tecnicismos que acompañan todo el tema de la desalación, reúso y tratamiento de agua y lo difícil que creamos puede ser entenderlo, los niños tienen una capacidad indiscutible de digerir la información y comprender su importancia.

Aplaudimos además la preocupación de las empresas por procurar espacios dignos para la formación estudiantil; entendiendo que si dejamos nuestra semilla en los colegios será más fácil que de adultos valoren la importancia de los objetivos de ALADYR.

Juan Miguel Pinto, Presidente ALADYR





**Que INAPROPIADO  
llamar TIERRA a  
este planeta,  
cuando  
evidentemente  
debería llamarse  
OCEÁNO**

**Arthur C. Clarke**

# COSTA RICA TRABAJA PARA SEGUIR GARANTIZANDO AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN

Cambio Climático, Contaminantes Emergentes y Estrés Hídrico en la lupa



**Planta Potabilizadora AyA en Buenos Aires, Punta Arenas**

**Prensa ALADYR.** Costa Rica es reconocida por su importante gestión en pro de la valoración de los recursos naturales y preservación de diferentes parajes en aras de garantizar su

patrimonio de fauna, flora y diversidad biológica; sin embargo, la gestión del AGUA potable amerita esfuerzos notorios para sumarse por completo a la filosofía de sustentabilidad que promueve el país.

En antesala al Seminario Internacional de la Asociación Latinoamericana de Desalación y Reúso de AGUA, ALADYR, el cual tendrá lugar el 09 y 10 de julio en la ciudad de San José, la Presidente Ejecutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) – institución participante-MSc. Yamileth Astorga Espeleta, nos ofrece detalles del panorama hídrico de Costa Rica.

## **Garantía de acceso al Agua Potable**

El porcentaje de cobertura del servicio de abastecimiento de agua potable en Costa Rica está entre los más altos de América Latina, pese a ello los efectos asociados al cambio climático afectarán en gran medida el acceso a este recurso, especialmente porque los periodos de precipitaciones –

principal fuente de agua dulce del país – se verán modificados negativamente. Astorga señala que AyA como institución líder está al tanto de las disminuciones y estimaciones en torno al acceso al agua potable: “nuestras fuentes de agua han disminuido considerablemente, aquí el tema es pasar a un tipo de inversión diferente como EL ALMACENAMIENTO en tanques y en embalses que sean multiusos y permitan hacer uso eficiente del recurso como resulta el embalse de Guanacaste”.

Los embalses son depósitos que se crean de manera artificial con la intención de recolectar agua, normalmente procedente de precipitaciones, a fin de contar con el almacenamiento del recurso y hacer frente a las necesidades.

Con una inversión cercana a los mil millones de dólares el Gobierno de Costa Rica ahora agrupa esfuerzos en el Embalse del Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras (Paacume), un embalse también multiuso para riego, generación eléctrica y consumo humano.

La Presidente Ejecutiva de AyA destaca que el mayor almacenamiento de agua dulce de Costa Rica está en las reservas naturales del país y su empleo y uso está destinado exclusivamente para el consumo humano, no obstante, se requieren medidas e inversiones, que están en desarrollo.



Astorga enfatizó que se realizaron modificaciones a la legislación con el propósito de permitir el acceso a estas reservas naturales, manteniendo un estricto control sustentado en estudios de factibilidad técnica, económica y por sobre todo ambiental; “respetamos el caudal ambiental, sabemos que hay vida silvestre y es nuestro deber protegerla”.

En respuesta a la relación beneficio social e impacto ambiental que podría generar el aprovechamiento de los recursos de las reservas naturales de Costa Rica, la presidenta de AyA destaca que la cifra apunta a que se traerán 2500 m<sup>3</sup>/s para el Área Metropolitana: “hemos hecho el estudio y la razonabilidad, se hace necesario y urgente. Prima el beneficio a la sociedad y van de la mano de proyectos de impacto ambiental mínimo. El transporte y tuberías serán integrados mediante sistemas subterráneos y túneles”.

Es importante mencionar que del agua dulce en Costa Rica solo un 25% es para el consumo humano. En comparación con otras áreas como hidroeléctrica, riego y actividades agrícolas es un porcentaje bajo; sin embargo, debe ser asegurado y la iniciativa de acceder a las reservas naturales es una respuesta a esta necesidad.

Asimismo, el AyA está impulsando más de 115 proyectos de agua potable y saneamiento de aguas residuales en el país, que se encuentran en diversos estados de ejecución, lo que representa una inversión de \$2,4 millones (aproximadamente). Con la instauración de embalses y el acceso monitoreado y oportuno a las reservas naturales, Costa Rica hace frente a las estimaciones de disminución de agua potable.

## Calidad del Agua – Contaminantes Emergentes

Otro de los puntos álgidos en cuanto a la seguridad hídrica de Costa Rica radica en la calidad del agua y la presencia de los contaminantes emergentes -sustancias que antes no eran tomadas en cuenta como agentes contaminantes por encontrarse diluidas de tal manera que no representaban una amenaza, pero que actualmente su presencia se hace notoria y trae consigo importantes repercusiones sanitarias y ambientales-

En abril de este año, 19 países de Latinoamérica firmaron la Declaratoria de San José en el marco de la V Conferencia Latinoamericana de Saneamiento (LATINOSAN), acuerdo que establece la voluntad de las naciones para incrementar el presupuesto en el sector saneamiento y desarrollar programas para la recuperación de ríos contaminados por aguas residuales.

**Durante muchos años el presupuesto de los Estados estaba supeditado a otras necesidades consideradas primarias. La Declaratoria de San José es la muestra inequívoca de que se están replanteando las necesidades y que los gobiernos latinoamericanos están comprometidos con esta situación, aseguró Juan Miguel Pinto presidente de ALADYR.**

Astorga indica que para dar cumplimiento a la Declaratoria existe la mancomunidad entre diferentes actores como el Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Salud, Ministerio de Hacienda y Ministerio de Planificación, procurando así abarcar todas las áreas necesarias para sustentar la política pública de saneamiento de Costa Rica prevista hasta el año 2045, en la que AyA cumple la función de rectoría técnica y operadora.

### Construcción del Acueducto AyA Pérez Zeledón



Sobre la contaminación de los Ríos por efecto de las aguas residuales y contaminantes emergentes, AyA colabora con diferentes instituciones y comunidades para velar por la preservación de los ríos y cuencas. El Laboratorio Nacional de Aguas, operado por AyA desde hace más de 50 años, avanza en técnicas, métodos y equipos, especialmente en la investigación de áreas como la presencia de antibióticos, plaguicidas en monocultivos y superbacterias.

Los análisis se realizan cotidianamente en los monitoreos y se levanta la información, al encontrar una fuente contaminante se avisa de forma inmediata a la oficina regional de la zona en estudio y se toman las medidas necesarias para evitar que el efluente contaminado siga llegando a los ríos o cuencas. “La investigación y monitoreo es permanente, especialmente en los monocultivos como piña y banano, productos insignes de nuestro país, los resultados son de carácter público y damos garantía del suministro de agua mientras se solventa el precedente” declaró Astorga.

Astorga además resaltó que desde el 2014 las Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales en Costa Rica (ASADAS) son objeto constante de investigación. Los índices demostraban que en éstas se reflejaba la menor calidad de agua potable,

“hicimos una caracterización de más de 1474 ASADAS y más de 600 variables, desde la capacidad administrativa, operativa y técnica, hasta el riesgo de la fuente de agua...En el 2015 el reglamento sobre la calidad de agua potable se hizo más estricto, entonces, para responder a estas exigencias, reforzamos la gestión comunitaria del agua y la infraestructura, acciones en las que seguimos trabajando”.

## DESALACIÓN PARA COSTA RICA

En cuanto a la alternativa de desalación de agua de mar, la Presidente de AyA declaró: “Costa Rica cuenta aún con buenas reservas de agua a nivel de los acuíferos continentales, que pueden ser la fuente de suministro para las zonas costeras. Por ello, el AyA está impulsando más de 115 proyectos de agua potable y saneamiento de aguas residuales en el país...En cuanto a la desalación, Costa Rica se ha preparado para introducir esta tecnología, desde el punto de vista normativo a través de un reglamento desde el MINAE y otro del AyA a nivel de calidad del agua potable y con el conocimiento para la evaluación de impacto ambiental. Sin embargo, se haría uso de ella cuando se llegue a extremos de pérdida de las fuentes de agua dulce. Esto principalmente por los costos que representa. En el país solo un hotel cuenta con una desaladora”.

### Mejoras Acueducto Río Incendio, Golfito Punta Arenas





# OBSERVATORIOS CIUDADANOS DEL AGUA

## DESDE COSTA RICA

### Un Modelo Replicable para el Mundo

Prensa ALADYR. Próximos al primer seminario de Desalación y Tratamiento de Agua para Reúso de ALADYR en San José, Aguas Latinoamérica entrevistó al representante de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica, quien detalló la “compleja y complicada” situación hídrica de este país y dio un enfoque educativo y comunitario de cómo abordarla.

La Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica está conformada por ciudadanos que se unieron voluntariamente para colaborar con otras organizaciones preocupadas por el tema hídrico. Su labor es principalmente educativa y comunitaria, un enfoque que ALADYR considera crucial para la preservación de los cuerpos de agua.

La Alianza cuenta con un equipo multidisciplinario constituido desde estudiantes hasta abogados e ingenieros. Su foco de atención son los ríos y consideran que la situación de Costa Rica es “compleja y complicada” porque existe contaminación y un abandono de su cuidado.

Para la Alianza “el tiempo se agota” y el problema del agua va en crecimiento, por lo que es imprescindible y apremiante buscar soluciones que permitan asegurar a las futuras generaciones el acceso a los recursos.

**La Alianza Nacional reza en su prólogo: “Nosotros los ciudadanos que formamos parte de la Alianza Nacional Ríos y Cuencas de Costa Rica nos unimos voluntariamente a los esfuerzos que en la actualidad realizan otras organizaciones, fundaciones, agencias, ONGs, organismos gubernamentales y no gubernamentales, dentro y fuera del territorio Nacional, que buscan afanosamente identificar y desarrollar; sensibilizar y consensuar, proyectos encaminados a resolver los graves problemas que provoca la falta de agua y saneamiento a lo largo y ancho del territorio nacional, asumiendo como válidos y como punto de partida los Objetivos Claves de Desarrollo Sostenible, aprobados en el mes de setiembre del 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas en un documento mejor conocido como la Agenda 2030”**

Roberto De La Ossa, representante de la Alianza, citó estudios de la Universidad Nacional de Costa Rica y el informe 2013-2014 de la Procuraduría General de la República afirmando que “la situación de nuestros ríos (Costa Rica) es preocupante, de 34 cuencas 27 están altamente contaminadas ... “El Río Grande de Tárcoles es el más contaminado de América Central y el mayor contaminante del Pacífico costarricense. Los ríos Torres, Tiribi, María Aguilar y Ocloro están contaminados y atraviesan toda el área metropolitana de San José”



## Represas y Piñas

Para el representante de la Alianza, las autoridades insisten en un paradigma desfasado en torno a los ríos y su potencial hidroeléctrico. “Costa Rica ha venido apostando a un modelo de desarrollo de energía limpias en base a represas hidroeléctricas y esto ha perjudicado a varios ríos. Interfieren con el ecosistema”.

Explicó que sólo en el área sur del país hay más de veinte proyectos de represas y a su criterio las instituciones no han sido diligentes con el estudio del impacto ambiental porque han habido cambios de gerencias, lo que dificulta la continuidad de las medidas pertinentes y las responsabilidades ecológicas.

Añadió que Costa Rica produce el doble de la energía que requiere y que la Alianza y otras instituciones han venido pujando por una regularización, puesto que no debe persistir el concepto de sobreexplotación del río en nombre de la generación eléctrica.

Para continuar describiendo el abanico de amenazas que atentan contra los cuerpos de agua de Costa Rica, De La Ossa dijo que como organización están preocupados por el bajo porcentaje de tratamiento de aguas residuales (15%) y que además “las plantas que hay no tienen las fases completas”.

Agregó que el país se convirtió en el mayor exportador de piña, no sólo de la región sino del mundo, lo que trajo beneficio económico pero que al no estar correctamente regulada y supervisada la industria, los fertilizantes han contaminado ríos, fuentes y agua subterráneas.

Destacó que la construcción ha crecido desordenadamente y que en ocasiones no se respetan los márgenes y proximidades al río y que a esto se adiciona que “la cultura del costarricense vio al río como un vertedero”.

## Enfoque Cultural

Para la Alianza, gran parte de la solución proviene de una matriz cultural. Tienen la plena convicción de que el empoderamiento de las comunidades y una relación más cercana y armoniosa con su río podría ayudar significativamente a revertir la complicada situación hídrica de Costa Rica.

Entre los programas más relevantes de la Alianza podemos señalar los Observatorios Ciudadanos del Agua que constan de fases de organización, educación y empoderamiento. Los Observatorios Ciudadanos del Agua integran varias áreas de acción que van desde involucrar a las comunidades en el conocimiento de la flora y la fauna de su río, aprender a monitorear los niveles y la calidad del agua, hasta protegerlo en base a la legislación vigente y sanearlo.

La primera área es la de incentivar a los poblados a pertenecer a Bandera Azul, que es un programa nacional organizado por instituciones gubernamentales que premia a las comunidades por una serie de actividades entorno al río más cercano. “Aquí asistimos a la comunidad para que registre el río y haga un reconocimiento, se levantan actas para identificar fauna y flora. Deben hacerse actividades como limpieza y reforestación de los márgenes”, completó De La Ossa.

La segunda área de los Observatorios es el Festival de las Bolas de Barro, que consiste en el uso de microorganismos eficaces para remediar las enfermedades del río. Para esto se organiza a los niños de escuelas y jóvenes. Las fundaciones verdes proveen los microorganismos para ser introducidos en las bolas de barro y luego de 15 días se lanzan a los ríos en medio de una celebración.



Esta área no sólo tiene un impacto inmediato en la recuperación de la calidad del agua del río sino que también genera un efecto psicológico en el niño que crecerá con una impresión más valorativa del río como algo que hay que proteger.

En el área tres se apoya a la fundación Río Urbano para realizar el Picnic en el Río, actividad para crear conciencia. Se realiza en marzo de cada año – cercano al Día Mundial del Agua – y la última vez participaron 57 comunidades del país. Consiste en organizar actividades recreativas y de sensibilización a los costados del río.

Para el área cuatro, quienes pertenecen a los Observatorios forman parte de una red nacional de monitoreo de la calidad del agua, en colaboración con las organizaciones Ambiente Urbano, el Laboratorio Nacional del Agua del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados AYA y OSA Conservation Analysis.

De la Ossa hizo énfasis: “Hacemos que las comunidades aprendan a monitorear a sus ríos y los resultados se vayan almacenando científicamente para evaluar el deterioro y mejoramiento. Importante para tomar decisiones a mediano y largo plazo”.

La quinta área constituye la comisión de vigilancia, resguardo y protección de los cuerpos de agua nacionales. “En Costa Rica tenemos una ley que determina que los ríos tienen fronteras inviolables, 10 mts en los urbanos y 15 en rurales. Esta comisión estudia violaciones y las encausa”.

Por último, la sexta área tiene que ver con el compromiso de la comunidad a fundar otro Observatorio Ciudadano en otra comunidad. “Ya tenemos varios Observatorios de segunda generación”.

Para finalizar De la Ossa declaró que la Alianza está a favor de todo lo que remedie la situación hídrica de Costa Rica y contribuya a una gestión sostenible de los recursos, por lo que ve en el reúso y la desalación alternativas importantes para tomar en cuenta.

Estos programas y proyectos sociales serán expuestos a detalle en el próximo seminario ALADYR a realizarse en Costa Rica los días 9 y 10 de julio.



## Alianza Nacional Rios y Cuencas de Costa Rica Señala en su Portal Web:

- Durante los últimos años, los ríos de Costa Rica se han convertido en uno de nuestros más deteriorados recursos naturales. La contaminación de sus aguas, crónicas o accidentales, la destrucción de sus riveras y de su hábitat natural, de su fauna y flora, la construcción de represas, la desviación del cauce natural de sus aguas, el aumento de la población de las ciudades que han nacido a las orillas de los mismos, el volumen de desperdicios y químicos.

- Otro de los factores que influye negativamente en la supervivencia de nuestros ríos, ha sido principalmente las políticas que se han venido autorizando para lograr incrementar nuestra producción agrícola.

- La utilización indiscriminada y sin protocolos establecidos de insecticidas e herbicidas, los cuales muchas veces son esparcidos indiscriminadamente por medio de aviones, cayendo parte de los mismos en el cauce de los ríos.

- La extracción abusiva de caudales, la desecación de humedales, la tala de bosques y manglares y la fragmentación del hábitat fluvial por grandes presas han destruido y quebrantado la salud y la vida de nuestros ríos.

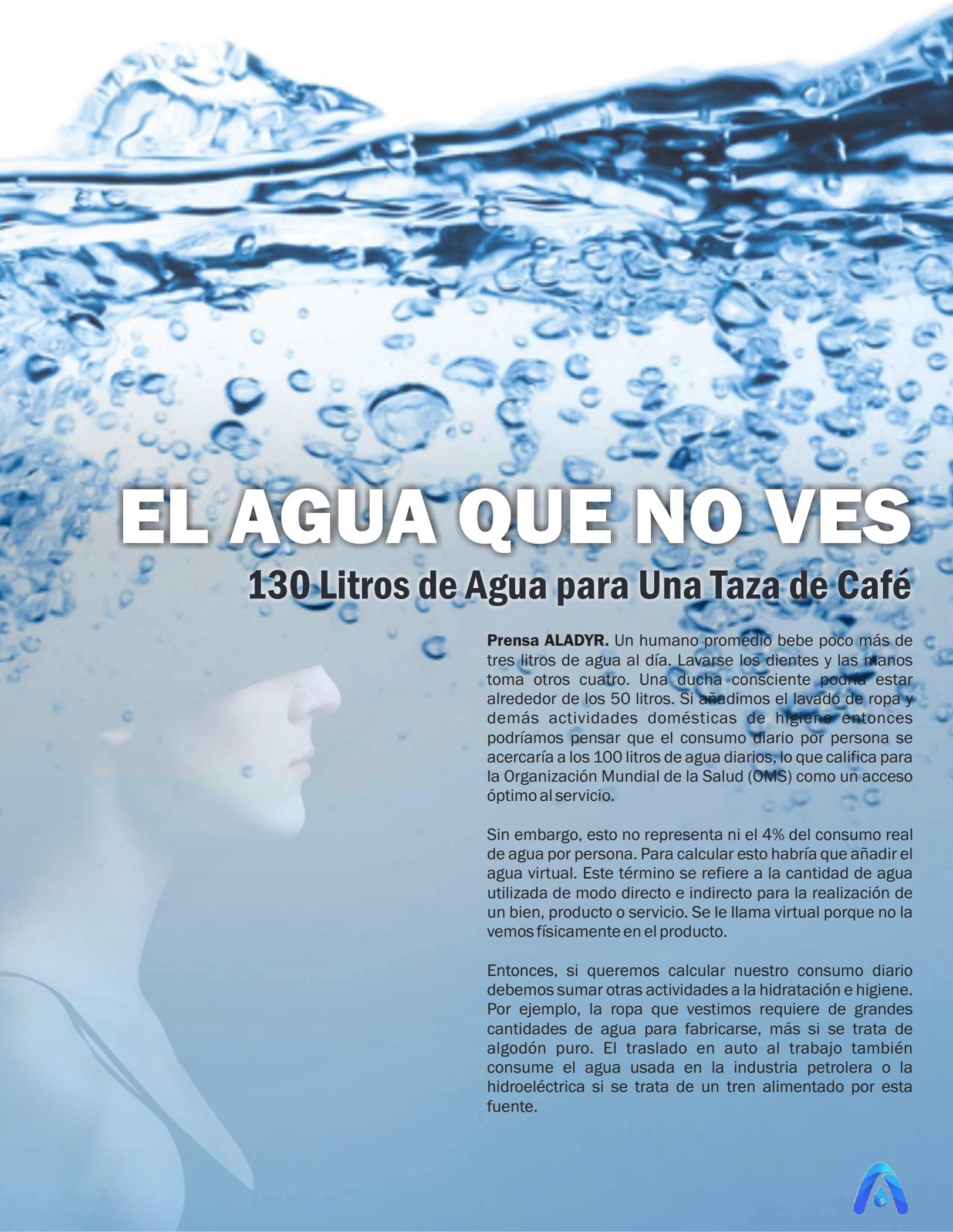
- En la vertiente del Pacífico se encuentra la Cuenca del Río Grande de Tárcoles que se considera de primordial importancia por proveer de agua a tres cabeceras de provincia y en la que se agrupan 35 de los 81 municipios existentes a nivel nacional.

- Un estudio oficial reveló que 25 de las 34 cuencas hidrográficas de Costa Rica están contaminadas, El Informe DFOE-AE-IF-01- 2013, de la Contraloría General de la República (CGR), publicado en su página, reporta “materia orgánica, nutrientes y sólidos, microorganismos peligrosos, metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos”.

- En la vertiente del Pacífico se encuentra la Cuenca del Río Grande de Tárcoles que se considera de primordial importancia por proveer de agua a tres cabeceras de provincia y en la que se agrupan 35 de los 81 municipios existentes a nivel nacional.

- Un estudio oficial reveló que 25 de las 34 cuencas hidrográficas de Costa Rica están contaminadas.

- El Informe DFOE-AE-IF-01- 2013, de la Contraloría General de la República (CGR), publicado en su página, reporta “materia orgánica, nutrientes y sólidos, microorganismos peligrosos, metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos”. Asimismo, llama la atención la presencia de contaminantes emergentes tales como sustancias farmacéuticas y de cuidado personal, cuyos límites de concentración no están regulados en el país.



# EL AGUA QUE NO VES

## 130 Litros de Agua para Una Taza de Café

**Prensa ALADYR.** Un humano promedio bebe poco más de tres litros de agua al día. Lavarse los dientes y las manos toma otros cuatro. Una ducha consciente podría estar alrededor de los 50 litros. Si añadimos el lavado de ropa y demás actividades domésticas de higiene entonces podríamos pensar que el consumo diario por persona se acercaría a los 100 litros de agua diarios, lo que califica para la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un acceso óptimo al servicio.

Sin embargo, esto no representa ni el 4% del consumo real de agua por persona. Para calcular esto habría que añadir el agua virtual. Este término se refiere a la cantidad de agua utilizada de modo directo e indirecto para la realización de un bien, producto o servicio. Se le llama virtual porque no la vemos físicamente en el producto.

Entonces, si queremos calcular nuestro consumo diario debemos sumar otras actividades a la hidratación e higiene. Por ejemplo, la ropa que vestimos requiere de grandes cantidades de agua para fabricarse, más si se trata de algodón puro. El traslado en auto al trabajo también consume el agua usada en la industria petrolera o la hidroeléctrica si se trata de un tren alimentado por esta fuente.



Para hacernos una idea de las proporciones entre un producto y el agua que se usó para su fabricación, tomemos una botella pequeña (591 ml) de Coca-Cola. Besy Otto, directora de iniciativas de agua del Instituto Mundial de Recursos (WRI por sus siglas en inglés), explica que el 98% del agua en la botella no es lo que se observa.

De acuerdo a Water Footprint Network, organización creada por la cooperación de instituciones internacionales líderes en el campo del agua, una botella de medio litro de Coca-Cola toma unos 35 litros de agua entre ingredientes y empaque.

La huella hídrica es un indicador que se diferencia del consumo de agua por añadir a la ecuación la cantidad de agua contaminada y evaporada por la actividad en cuestión. Puede aplicarse a individuos, industrias o poblaciones enteras. Si usted es de los que desecha aceite de cocina por el caño del fregadero o aceite de motor por la alcantarilla, entonces imagine de qué dimensiones es su huella hídrica.

Un vaso de cerveza – y uno nunca es suficiente para una salida de sábado por la noche – toma 74 litros de agua. Una taza de café requiere 130 litros. La camiseta de algodón que lleva en verano necesita de unos 2500 litros de agua.

**El agua virtual en un kilo de carne es de 15 mil litros. Sí, imagine cuánta agua se va en el asado de fin de semana. Entonces, cuando coma una cuarto de libra con queso, trate de figurarse unas 2400 botellas de agua de un litro en la mesa.**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), la producción de carne en el mundo se quintuplicó desde los años 60s. Para 2017 el mundo consumía cerca 330 millones de toneladas. No en vano, el Banco Mundial calcula que el 70% del agua que usamos los humanos la ocupamos en la agricultura. Trate de calcular el agua virtual en litros de esas 330 millones de toneladas y el resultado será de 16 dígitos.

También hay que tomar en cuenta que a mayor procesamiento del producto, más agua virtual consume. Por ejemplo, 100gr de papa requieren 25 litros de agua para su producción, mientras que 100gr de papas fritas en su empaque consumen 185 litros. La diferencia que añade el procesamiento es grande.

Water Footprint Network cuenta con una herramienta online gratuita para calcular la huella hídrica del individuo llamada *Personal Water Footprint Calculator*. La herramienta se basa en el país de residencia y el patrón de consumo para dar como resultado el indicador personal.

Hay una versión general de la herramienta que sólo toma los gastos anuales de la persona y su frecuencia de consumo de carne para dar la huella hídrica en metros cúbicos por año. La versión extendida y más precisa tiene unos 30 ítems.

Fuente: AGUA.ORG.MX

# HUELLA HÍDRICA y AGUA VIRTUAL

La huella hídrica es el volumen total de agua usada desde la producción hasta el consumo final de un producto, y la utilizada para disolver sus contaminantes.

El agua virtual es la que se utiliza para producir bienes o servicios; no la vemos físicamente en los productos, pero es necesaria para elaborarlos.

La huella hídrica total es la suma del agua azul, el agua verde y el agua gris que requiere un producto durante todo su proceso de producción y distribución. Puede calcularse por individuo, empresa, región o país, y generalmente se expresa en términos de volumen de agua por año.

En promedio global este es el contenido de agua virtual en algunos productos:



CUIDAR EL AGUA ES RESPONSABILIDAD DE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES



No todos los bienes consumidos en un país son producidos en el mismo, cuando se importan o exportan bienes, también se está importando y exportando la cantidad de agua que se usó para producirlos y transportarlos.



La huella hídrica promedio de México es de 1,350 metros cúbicos por habitante por año, ligeramente superior al promedio mundial, que es de 1,240.



Las condiciones geográficas, el clima y el nivel de desarrollo tecnológico de cada región determinan la cantidad de agua virtual que esta utiliza.

Otra diferencia entre la huella hídrica y el agua virtual está en la clasificación de las aguas usadas en el proceso según su origen. El agua verde es aquella que se obtiene de la lluvia, el agua azul es la que se extrae de fuentes superficiales como ríos y lagos y el agua gris tiene que ver con el efluentes y la cantidad de agua que los contaminantes precisan para diluirse y cumplir con los estándares calidad del agua.

En la galería de productos de waterfoodprint.org puede ver que el promedio mundial de un kilo de carne usa un 94% de agua verde, 4% de azul y el resto lo genera en gris.

El reúso en la agricultura podría ayudar a reducir la huella hídrica de esta actividad y llevarla a niveles sustentables sin transgredir a su rentabilidad, pero es necesario que existan incentivos normativos y fiscales que den al agua su verdadero valor en el mercado.

# BLUE JEANS Y AGUA

<https://www.fluencecorp.com/es/huella-agua-vaqueros-azules/>

**Prensa Fluence.** Podemos pensar en ese pantalón vaquero azul gastado simplemente como un viejo amigo, pero no podemos pensar mucho en cómo se hacen esos pantalones de jean. De hecho, una gran cantidad de agua está destinada al cultivo del algodón, lavarlo y teñirlo de azul. Se estima que el 20% de la contaminación del agua industrial en todo el mundo está asociada con la fabricación de la ropa y 85% del mismo está relacionado con el proceso de tintura de telas. Cada año, 1.3 billones de galones de agua se utilizan solamente para teñir telas, y se estima que la cantidad de agua necesaria para cosechar, teñir y procesar el algodón sólo para un par de vaqueros varía desde 500-1.800 galones. En promedio la producción mundial de algodón utiliza 222 mil millones m<sup>3</sup> de agua.

## Cultivo de Algodón

El agua que se utiliza para cultivar el algodón para los jeans azules se considera Agua Virtual. El promedio de huella hídrica mundial para producir 1 kg de algodón es 10.000 L, pero con la irrigación sofisticada, el cultivo de algodón en los EE.UU. sólo utiliza 8.000 L/kg. Sin embargo, en la India, producir esta cantidad de algodón requiere un promedio de 22.500 litros de agua.

Una ilustración del impacto ambiental del cultivo de algodón se puede ver en la desaparición del Mar de Aral en Asia. Las extracciones de agua para la irrigación de las granjas de algodón son la razón principal del drenaje del cuarto lago más grande del planeta.

La producción ya es intensa en el consumo de agua, pero para hacer las cosas aún peor, después de la fabricación, algunos jeans también están prelavados o lavados a la piedra.

El proceso crea compuestos que deben ser eliminados. El cloro es un producto derivado, junto con contaminantes

Si el precio del agua dulce se asemejara más a su valor (recordemos que no son la misma cosa) quizás no se pudiera comprar una hamburguesa por un dólar. En cada producto existe un excedente que no es retribuido al ambiente y del que son privadas las generaciones por venir. Los indicadores ambientales como la huella hídrica y la huella de carbono por ahora sólo generan conciencia y respaldan algunas iniciativas económicas sustentables, pero hay quienes consideran que son los precursores de gravámenes para actividades de alto impacto ambiental.

Entonces, si quiere ahorrar agua no solo es suficiente con tomar duchas rápidas, corregir las goteras de la casa o lavar el auto con un balde en vez de usar la manguera, también debe agregar conciencia al agua detrás de sus hábitos de consumo.

orgánicos, como colorantes y almidón, que se pueden tratar en forma biológica. Sin embargo, no deberían descargarse sin tratamiento en las aguas superficiales porque el oxígeno necesario para descomponer los contaminantes le negaría el oxígeno necesario para la vida acuática. **Las corrientes se vuelven azules en muchas áreas donde se fabrica el denim.**

El fabricante Levi Strauss ha recopilado tal vez la mas completa estimación de agua utilizada durante todo el ciclo de vida de un par de jeans azules. La compañía estima que desde la agricultura hasta la eliminación final, un par de sus jeans 501® requieren 3.781 L de agua, incluyendo el lavado.

Levi también ha lanzado una ambiciosa Iniciativa para mejorar el Algodón para reducir la huella hídrica agrícola, con el objetivo de lograr el uso de algodón 100% sostenible para el 2020, incluyendo el uso del algodón reciclado.

La fabricación de pantalones vaqueros con al menos el 15% de algodón reciclado crea un ahorro de agua igual al del consumo de todo proceso de fabricación.

Levi Strauss también está adoptando un método de láser pionero de la empresa española Jeanalogía, que se promociona para reducir el consumo de agua en la fase del teñido en un 71%.





# DÍA CERO

## Cuenta Regresiva, Ciudades en Riesgo

### Chalchiuhtlicue

**Diosa Azteca de ríos, lagos, fuentes, corrientes de agua, de mares y océanos. Protectora de los Navegantes. Su falda simboliza las corrientes de agua limpia, pura y cristalina.**

**Prensa ALADYR.** Parece inconcebible que una gran ciudad, una capital de Estado, pueda quedarse sin agua. El servicio de agua es una de las constantes que dan certeza a la cotidianidad. “Al girar las llaves saldrá agua”. Este es un axioma casi inconsciente que no suele cuestionarse, pero la realidad es que la civilización moderna no está exenta de los colapsos por falta de recursos hídricos.

Hace mil años la civilización Maya, la superpotencia precolombina de avances en arquitectura, astronomía y cultura que había mantenido la hegemonía de la región por siglos, enfrentaba su colapso a causa de una sequía muy parecida a las que pronostica el Banco Interamericano de Desarrollo para algunas zonas de Latinoamérica.

Volviendo a la actualidad, se conoció la primera fecha para que una de las grandes urbes de la civilización moderna se quedara sin agua. El Día Cero de Ciudad del Cabo, capital sudafricana célebre por ser sede del mundial de fútbol de 2010, estaba pautado para el 21 de abril de 2018.

Ciudad del Cabo fue la primera ciudad del mundo que planeó suspender el suministro de agua a causa de la intensa sequía. Cuatro millones de personas dejarían de tener agua en sus hogares para obtenerla de servicios provisionales y de forma racionada en 200 sitios de acopio distribuidos por toda la localidad. Estas medidas le dieron el nombre al mundialmente famoso hecho mediático “Día Cero”, término que se extendió al punto de inflexión que sufrirían otras ciudades de alto estrés hídrico.

Las políticas públicas de preservación, la acción ciudadana y una estación de inesperadas lluvias intensas hizo que la fecha se desplazara en el calendario hasta hacerse

indefinida, pero la amenaza sigue latente. El Día Cero aún puede ser decretado en Ciudad del Cabo cuando el sistema de presas que la alimenta llegue al 13.5% de su capacidad.

Ciudad del Cabo podría ser la advertencia para muchos centros urbanos importantes del mundo. Las Naciones Unidas (ONU) estima que una cuarta parte de las ciudades del mundo padecen estrés hídrico. Ciudad de México y Sao Paulo están entre las primeras candidatas a pasar por una situación similar a la que vivió capital de Sudáfrica.

La ONU también proyecta que para 2030 la demanda global de agua crecerá un 40% por encima del suministro a causa de la disminución de las precipitaciones consecuencia del cambio climático, el crecimiento demográfico y un incremento de la actividad económica.

### México DF: Día Cero 2030

**Los testimonios de los primeros españoles que llegaron a la actual Ciudad de México en el siglo XVI expresan el asombro ante una ciudad bien organizada y en lo que parecía una perfecta sintonía con el agua. Según los historiadores, la capital del impero Azteca era atravesada por canales que un día normal de actividad eran transitados por 60 mil barcasas, muchas de ellas dedicadas al mantenimiento y saneamiento. “Parecía emerger del lago como una visión encantada”, dijo uno de los soldados de Hernán Cortés.**

El urbanismo determinó vaciar el lago y reemplazarlo por calzadas transitables. Paulatinamente la ciudad se extendió y se convirtió en la séptima ciudad más poblada del mundo con sus casi 22 millones de habitantes en toda su zona metropolitana.



La ciudad recibe una mayor precipitación al año que Londres pero los lagos para contenerla ya no existen, por lo que no se aprovecha la precipitación para la renovación de las fuentes superficiales de agua, lo que además se traduce en inundaciones.

Entonces, la principal fuente de agua de la urbe es subterránea, seguida de 40% de agua que importa de otras partes del país por medio de acueductos. El tipo de acuíferos (depósitos naturales de agua subterránea) de los que se nutre CDMX podrían tardar siglos en regenerarse por lo que su capacidad regenerativa es cero.

Según cifras de Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), la ciudad pierde un 40% del agua potable producida en fallas de la red de tuberías de la ciudad, lo que dificulta aún más una gestión sustentable.

De acuerdo al Foro Económico Mundial (WEF por sus siglas en inglés) México es el quinto país con el mayor consumo per cápita de agua del mundo con 366 litros diarios por persona, mientras que la Organización Mundial para la Salud (OMS) considera óptimo el acceso a 110 litros diarios por persona. Estiman que el uso en la capital podría ascender a 550 litros por día en una distribución desigual que contrasta el servicio interrumpido para algunos sectores y el abuso en otros.

Todas estas variables llevaron a expertos en el tema a creer que el Día Cero de Ciudad de México sería en 2030. Esta afirmación también se fundamenta en el estudio del Banco Mundial que expresa que si no se toman los correctivos necesarios, 50% del centro de la urbe quedará desabastecida e irá empeorando.

## Sao Paulo, Día Cero 2015

Sí, 2015, no se trata de un error mecanográfico. Sao Paulo tuvo su propia crisis luego de una larga sequía que se extendió desde 2014 hasta 2017, generando conflictividad social. Según notas de prensa de aquel momento, los camiones cisternas debían ser escoltados por las fuerzas del orden para no ser saqueados.

Sao Paulo es la quinta ciudad más poblada del mundo con 22 millones de habitantes en toda su área metropolitana y es el centro financiero de Brasil, uno de los países más ricos en reserva de agua dulce por contar con el río Amazonas, el más caudaloso del mundo.

En Brasil todo parece superlativo, desde la disponibilidad de agua hasta el tamaño de sus ciudades, pues Sao Paulo es la ciudad más grande del hemisferio sur de América pero su seguridad hídrica denota una fragilidad manifiesta ante fenómenos cíclicos estacionales.

En su punto más crítico la cosmopolita Sao Paulo, llegó a tener una cuenta regresiva de 20 días de reservas de agua por estar a 4% de la capacidad de su embalse principal. La situación se superó en 2016 pero recayó nuevamente el año siguiente y desde entonces los recortes del servicio de agua

potable se han hecho cada vez más cotidianos.

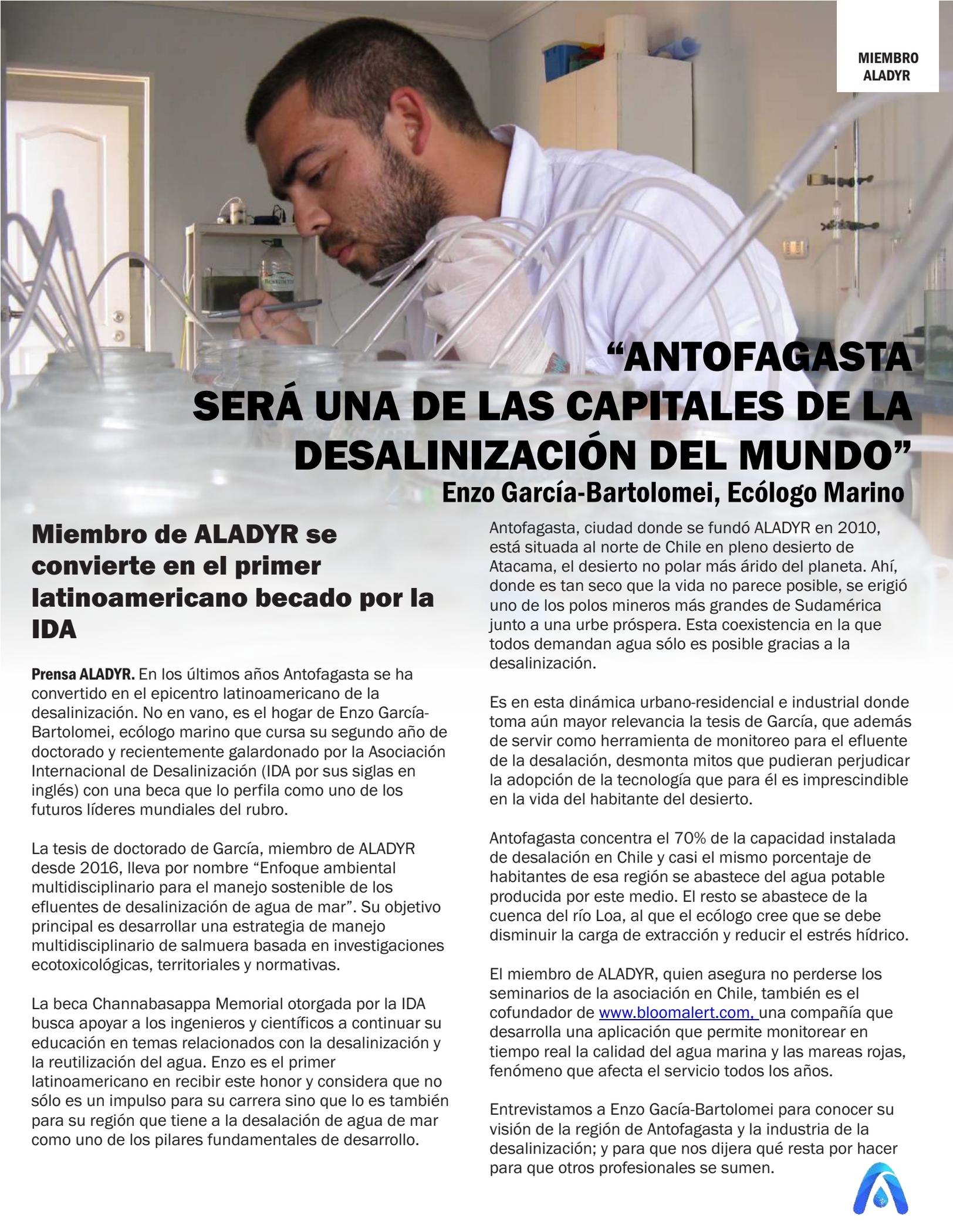
**Con un índice de 30% de pérdida de agua en las redes de abastecimiento y una brecha en planificación, previsión e infraestructura, criticada incluso por enviados especiales de la ONU, Sao Paulo siempre parece estar a merced de la lluvia.**

Otro de los aspectos que mantienen la ciudad cerca de su crisis, según la opinión de pobladores recogida por periodistas, es la renuencia de Sabesp, empresa de gestión de aguas y residuos, propiedad del estado de São Paulo, a aplicar los racionamientos de manera oportuna, pues prefieren postergar el descontento popular.

Así como Ciudad de México y Sao Paulo hay otras metrópolis latinoamericanas que están en riesgo de vivir su propio colapso hídrico. En 2011 el documental "Factor de Potencia de la Tierra", elaborado por el periodista alemán Claus Kleber, vaticinaba que Lima sería la primera gran ciudad del mundo en verse desabastecida de agua y abandonada debido al calentamiento global.

Los Mayas, con su experimentado poder de observación de los fenómenos naturales, no pudieron anticiparse a la inclemente sequía que hizo insostenible la vida en sus ciudades más desarrolladas. Imploraron a los dioses e hicieron sacrificios pero su Día Cero llegó. ¿Qué haremos nosotros para evitar el colapso de nuestra civilización por falta de agua?





# “ANTOFAGASTA SERÁ UNA DE LAS CAPITALS DE LA DESALINIZACIÓN DEL MUNDO”

Enzo García-Bartolomei, Ecólogo Marino

## Miembro de ALADYR se convierte en el primer latinoamericano becado por la IDA

**Prensa ALADYR.** En los últimos años Antofagasta se ha convertido en el epicentro latinoamericano de la desalinización. No en vano, es el hogar de Enzo García-Bartolomei, ecólogo marino que cursa su segundo año de doctorado y recientemente galardonado por la Asociación Internacional de Desalinización (IDA por sus siglas en inglés) con una beca que lo perfila como uno de los futuros líderes mundiales del rubro.

La tesis de doctorado de García, miembro de ALADYR desde 2016, lleva por nombre “Enfoque ambiental multidisciplinario para el manejo sostenible de los efluentes de desalinización de agua de mar”. Su objetivo principal es desarrollar una estrategia de manejo multidisciplinario de salmuera basada en investigaciones ecotoxicológicas, territoriales y normativas.

La beca Channabasappa Memorial otorgada por la IDA busca apoyar a los ingenieros y científicos a continuar su educación en temas relacionados con la desalinización y la reutilización del agua. Enzo es el primer latinoamericano en recibir este honor y considera que no sólo es un impulso para su carrera sino que lo es también para su región que tiene a la desalación de agua de mar como uno de los pilares fundamentales de desarrollo.

Antofagasta, ciudad donde se fundó ALADYR en 2010, está situada al norte de Chile en pleno desierto de Atacama, el desierto no polar más árido del planeta. Ahí, donde es tan seco que la vida no parece posible, se erigió uno de los polos mineros más grandes de Sudamérica junto a una urbe próspera. Esta coexistencia en la que todos demandan agua sólo es posible gracias a la desalinización.

Es en esta dinámica urbano-residencial e industrial donde toma aún mayor relevancia la tesis de García, que además de servir como herramienta de monitoreo para el efluente de la desalación, desmonta mitos que pudieran perjudicar la adopción de la tecnología que para él es imprescindible en la vida del habitante del desierto.

Antofagasta concentra el 70% de la capacidad instalada de desalación en Chile y casi el mismo porcentaje de habitantes de esa región se abastece del agua potable producida por este medio. El resto se abastece de la cuenca del río Loa, al que el ecólogo cree que se debe disminuir la carga de extracción y reducir el estrés hídrico.

El miembro de ALADYR, quien asegura no perderse los seminarios de la asociación en Chile, también es el cofundador de [www.bloomalert.com](http://www.bloomalert.com), una compañía que desarrolla una aplicación que permite monitorear en tiempo real la calidad del agua marina y las mareas rojas, fenómeno que afecta el servicio todos los años.

Entrevistamos a Enzo García-Bartolomei para conocer su visión de la región de Antofagasta y la industria de la desalinización; y para que nos dijera qué resta por hacer para que otros profesionales se sumen.



## ¿Qué te llamó a la desalinización?

Nací y me crié en Antofagasta, me tocó ver la entrada en funcionamiento de la primera planta de desalinización en la ciudad. Con los años no sólo fui testigo del crecimiento de la industria, sino que también es fácil de percibir el beneficio y desarrollo que la tecnología trae a la región.

Desde muy joven quise colaborar con la ciudad y vi en la desalinización el escenario para hacer mi aporte.

**Los medios regionales te citaron al decir que en 20 años Antofagasta liderará la desalación a nivel latinoamericano. Para algunos ya lo hace. ¿Qué piensas al respecto?**

(Risa) el periodista me descontextualizó un poco para titular el artículo pero si bien es cierto que Antofagasta ya es la ciudad de mayor población de Latinoamérica abastecida en su mayoría por agua desalada, aún nos falta para llegar a ser una de las capitales de la desalación como Israel y España.

Primero tenemos que llegar al 100% de abastecimiento por agua desalada incluyendo a la industria del cobre, lo que creo que sucederá en alrededor de 10 años. Luego tienen que desarrollarse las redes de distribución e integrarse los distintos proyectos para hacer una gestión inteligente.

Adicionalmente y no menos importante, debe haber desarrollo local de tecnologías y oferta de carreras de formación técnica para profesionales motivados a trabajar en este campo. Sólo entonces considero que podremos merecer llamarnos la capital de la desalación en América Latina.

Aquí ALADYR juega un rol importante con los seminarios que promueven el intercambio de tecnologías para colocarnos en el mapa mundial con líneas de desarrollo y espacios de crecimiento.

## ¿Crees que la desalación ayuda a salvar el mundo?

Sí, en la medida que podamos hacer el proceso más sostenible y económicamente competitivo con el mejoramiento de membranas, rendimiento operativo y la recuperación energética. Hay tantas personas en el mundo colaborando para que esto sea posible que sólo es cuestión de tiempo para que esta tecnología sea la norma de abastecimiento y de esta manera podamos respetar la recuperación ecológica de los cuerpos naturales de agua. El mar es una fuente prácticamente inacabable.

## ¿De dónde nace el tema de tu tesis de doctorado?

La idea es poder entregarle a la industria local una herramienta para el monitoreo y gestión de sus residuos. A pesar de que la experiencia internacional dice que los efectos de la salmuera están muy acotados cercanamente a las bocas de descarga, consideré necesario hacer nuestro propio modelo local.

Lo que podemos ver preliminarmente es que los efectos son muy parecidos y esto ayuda a desmontar matrices nocivas que puedan interferir en la evolución de la industria.

Me enfoqué en esta tesis porque la industria aún tiene desafíos muy importantes y este es un espacio propicio para resolver dudas.

En este momento estoy trabajando en el monitoreo de calidad del agua en el contexto de mareas rojas y la prevención de estas en las plantas.

## ¿Qué tema recomendarías para otro tesista?

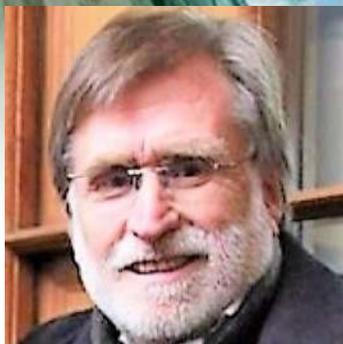
Veo una apremiante necesidad asociada a los procesos de comunicación porque hay que integrar la tecnología al acervo cultural de Antofagasta para que pase a ser parte de la identidad del habitante del desierto. El ciudadano debe sentirse orgulloso de todo este desarrollo y tiene que documentarse lo que se vive hoy para que quede en la memoria histórica de esta localidad que decidió progresar en medio del desierto más árido del mundo y que vio en el mar un aliado.



# LA DESALACIÓN NO ES EL TEMA, EL TEMA ES EL AMBIENTE

Gabriel Caldes C.

Asesor Estrategia Hídrica. Fundación Chile. Escenarios Hídricos 2030



La Desalación es una de las tecnologías más relevantes y eficaces para enfrentar la escasez hídrica y los números así lo demuestran. Existen alrededor de 16.000 plantas de producción de agua desalada de diversas tecnologías en el mundo, la mayoría en el Medio Oriente y África del Norte. Los principales países que abastecen a una parte importante de su población con agua desalada son Arabia Saudita, que representa el 17% de la producción mundial de la desalación, seguido de los Emiratos Árabes Unidos con un 13,4% y los Estados Unidos con 13%.

Los números anteriores muestran que esta tecnología en los últimos 20 años se ha impuesto, siendo una de las opciones de más viable para enfrentar la escasez hídrica y asegurar el acceso agua potable.

Sin embargo las barreras de entrada de esta tecnología, además del financiamiento y la recuperación de la inversión, han ido aumentando tanto por las nuevas exigencias ambientales como hídricas, producto de los nuevos escenarios del agua y el cambio climático, el incremento de la demanda productiva del agua por efecto del desarrollo económico y el crecimiento de las ciudades. Estas barreras, habitualmente surgen de temas complementarios pero estratégicos, entre los que destacan: clima, ambiente, geografía, regulación y gestión del agua en cada país. Podemos caracterizar las barreras bajo la siguiente distinción:

**Climáticas:** Esta tecnología por el nivel de inversión, es más eficiente en condiciones climatológicas desérticas, de secano o en zonas áridas, donde no existe agua o no existe el agua suficiente para satisfacer toda la demanda requerida, produciéndose una escasez hídrica estructural y permanente. Sin embargo, no es muy eficiente para enfrentar una escasez hídrica transitoria o fenómenos climáticos como la sequía, que por definición es transitoria o prolongada en el tiempo pero siempre es transitoria, de modo que cuando vuelven las precipitaciones y termina la sequía, la demanda hídrica regresa a sus fuentes originales y la planta de agua desalada deja de ser competitiva por sus altos costos y debe paralizar sus operaciones.

**Ambientales:** En los distintos países, las exigencias ambientales son cada día mayores y más rigurosas, esto ha permitido que el impacto de las sales del agua de rechazo, que son dispuestas en el mar y que produce un incremento de los niveles de sales en el mar en la zona de sacrificio, están siendo observados como un impacto ambiental negativo que se debe mitigar, al igual que el eventual efecto que produce en la vida marina la captación de agua de mar.

Aun cuando estas plantas no aumentan la salinidad del mar, sí la concentran en un área determinada, donde algunos sectores consideran este impacto negativo por afectar a lo menos la flora, fauna y fondo marino en la zona de disposición del agua de rechazo. Al respecto se conocen pocos estudios del tema ambiental de la desalación, pero de los pocos, las conclusiones son diversas.

También es cierto que esta tecnología hace importantes aportes al medio ambiente continental, como aumentar la oferta hídrica de una cuenca con agua de calidad y considerable ahorro del consumo de agua dulce debido a que disminuye el uso de fuentes de aguas continentales. Se debe tener en cuenta que una vez consumidas estas aguas por la minería o la población y ser tratadas como aguas residuales o aguas servidas domésticas, se pueden destinar al reuso para el regadío agrícola o en procesos industriales o mineros, es decir, el aporte a la cuenca y al medio ambiente, es el doble del agua desalada producida en planta.



En la medida que la desalación pueda incorporar en su operación nuevas tecnologías como la dilución eficiente de las sales, eliminar las aguas de rechazos que están cercanos del 40% o 50% del agua captada o las nanomembranas o nanofiltración o incorporar energías renovables no convencional u otras, aumentaría su aporte al medio ambiente y se disminuirían eventualmente sus costos de operaciones propiciando una mayor accesibilidad para hacerla una alternativa de uso más expandido y común.

**Geográfica:** La desalación, en relación al uso del agua dulce, es una tecnología con altos costos y en la medida que la demanda se aleje del borde costero aumentan sus costos de distribución. Si además, la demanda o el punto de disposición está ubicado en una zona geográfica de cota alta, sus costos se incrementan significativamente, por esto, no basta considerar los costos operacionales y de inversión del m<sup>3</sup> puesto en planta, sino que finalmente dependerá de donde se encuentre la demanda.

En el caso Chileno, la macrozona norte del país tiene un nivel de precipitaciones de no más de 90 mm/año, por esto existen sectores climáticos de desierto, semidesérticos y de secano. Es en esta zona donde se encuentra la gran minería del cobre demandando un gran volumen de agua, por esta razón, se ha recurrido al uso de la desalación. Estas plantas deben colocar el agua desalada en las faenas mineras, que generalmente están en la pre-cordillera o en plena Cordillera de los Andes a cientos de kilómetros de distancia del borde costero y a una altura entre los 1.000 msnm a 4.000 msnm, aumentando el costo del m<sup>3</sup> entre dos a cuatro puntos más. En consecuencia, la minería es un sector productivo que está en condiciones de incorporar agua desalada en sus procesos, no solo porque cuenta con recursos, sino que se encuentra en el norte donde la falta de agua es permanente, estructural y no existen opciones de otras fuentes de agua dulce seguras.

**Regulación y gestión hídrica.** En general, a nivel internacional la regulación y gestión del agua está en las manos del Estado en forma parcial o total. Esto significa que el m<sup>3</sup> podría contar con subsidios estatales que pueden ser a la demanda o al consumo. Cuando existe subsidio del costo de

éste y el financiamiento de la inversión, hay un incremento importante en el presupuesto público y estos recursos deben competir con la inversión en salud, educación, infraestructura u otros sectores y su decisión es parte de las prioridades política del gobierno de turno.

En aquellos países que no subsidian la producción de agua para el consumo humano, industrial o agrícola deben incorporar los costos reales al precio o la tarifa, lo que genera resistencia por el uso de esta tecnología debido al significativo incremento tarifario que deberá pagar la población por su consumo.

El sector agricultura y en especial la agricultura mediana y grande, que son los principales demandantes de agua, generalmente no tienen los incentivos adecuados para financiar este tipo de tecnología, debido que el uso del agua no tiene cobro para la agricultura o minería, salvo por el agua potable que se paga por el consumo.

El análisis actual de la evaluación social de un proyecto de desalación, debe considerar algunas variables complementarias en el nuevo contexto hídrico por efecto del cambio climático, y que no siempre se consideran como los pueblos originarios, o los sectores de pequeños productores (pescadores, agricultura de sobrevivencia) ubicados en zonas donde operará la planta o pasará la conducción. También debe considerarse el reúso del agua desalada, que una vez consumida y dispuesta en el alcantarillado debe ser tratada y queda en condiciones de ser utilizada nuevamente, produciendo un interesante aporte en volumen de agua nueva que proviene del mar y no de la cuenca, aumentando la seguridad hídrica y una mitigación a la sobre explotación

La Desalación de cualquier tipo de proceso u otras tecnologías de desalación como la micro o nano filtración entre otras, debe hacerse cargo del impacto ambiental y potenciar la eficiencia de sus procesos para tener costos accesibles y hacerla amigable con el medio ambiente. El mar se vislumbra como la única opción que podemos tener como fuente de agua renovable y segura, siempre y cuando no contaminemos los océanos más de lo que ya hemos hecho.





# ASOCIACIONES SIN FINES DE LUCRO GESTIONAN EL 24.3% DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

**ASADAS: Organizaciones comunales de gestión hídrica en Costa Rica**

**Prensa ALADYR.** Costa Rica es el país más feliz del mundo. Lo dice el Índice Mundial de la Felicidad de 2018. Según se discutió en el Foro Económico Mundial de este año, parte de este bienestar nacional proviene de la incorporación del ciudadano a la vida comunitaria. En este marco de políticas públicas comunitarias nacen las Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales en Costa Rica (ASADAS).

Las ASADAS son organizaciones comunales sin fines de lucro constituidas para promover el desarrollo por medio un servicio sostenible de agua potable y alcantarillado sanitario. Trabajan conjuntamente con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) que funge como ente rector.

Estas organizaciones vecinales no sólo sirven para la descentralización de la administración de los acueductos y alcantarillados, sino que también tienen entre sus propósitos identificar necesidades de mejoras en la infraestructura de la red comunitaria y fomentar el ahorro, cuidado y preservación del recurso hídrico.

Existen más de 2 mil ASADAS en todo el territorio costarricense y según el Programa de Gestión Ambiental Integral de la Universidad de Costa Rica, abarcan a 1.126.523 de personas que representan el 24.3% de la población abastecida.

En esta edición de Aguas Latinoamérica exponemos los logros de una de las ASADAS, cuyos representantes participarán en la próxima edición de ALADYR en Costa Rica. De acuerdo a sus integrantes, la ASADA Malinches de Pinilla ha logrado desarrollar de manera integral y eficiente en sus cuatros años de administración un plan a nivel económico-

financiero, estratégico y organizativo eficaz para el cumplimiento de sus objetivos y así alcanzar su misión a futuro.

Entre sus logros resaltan ser la pionera en la provincia de Guanacaste en implementar el primer pozo utilizando un Sistema de Energía Solar.

La ASADA Malinches de Pinilla administra el sistema de acueducto en un área de 1800 hectáreas conocida como Hacienda Pinilla, ubicada entre Playa Langosta y Playa Avellanas en Guanacaste.

Actualmente atiende a 203 abonados con 397 previstas residenciales y comerciales, para un caudal máximo diario de alrededor de los 24 l/s.

La ASADA Malinches se ha trazado la tarea de asegurar el suministro de agua en cantidad, continuidad y calidad a todos los usuarios. Para ello, aseguran desarrollar programas de gestión hídrica, ambiental, operativa y de protección del recurso hídrico, así como algunos planes de mejora donde se enmarcan estudios básicos de hidrogeología, muestreos fisicoquímicos y bacteriológicos de las fuentes subterráneas y la red de distribución y controles operativos semanales de las condiciones de los pozos.

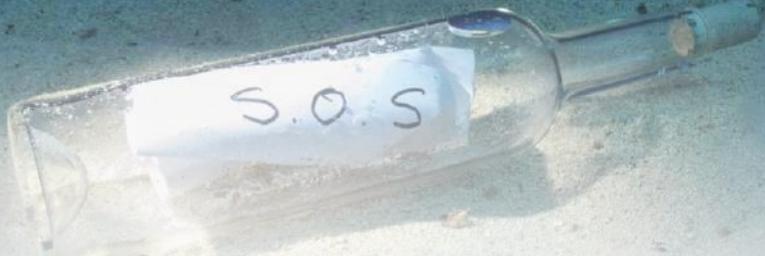
Aseguran haber valorizado la importancia de concientizar y educar a la población sobre la cultura del agua, el uso racional, responsable y sostenible del recurso hídrico mediante programas de educación ambiental en escuelas, asesoría en el riego moderado de jardines y distribución de guías para la construcción y mantenimiento de jardines adecuados a la zona.



# CONTAMINANTES EMERGENTES

## REMOCIÓN POR OXIDACIÓN AVANZADA EN BASE A RADIACIÓN UV

Carlos Rivas, Environmental Consultant - Innovative Applications Development - South America  
ATLANTIUM



**ATLANTIUM.** La presencia de los llamados “contaminantes emergentes” en cursos de agua es cada vez mayor, convirtiéndose en un motivo de preocupación frecuente no sólo de los ámbitos especializados en la problemática del agua, ambiente y sectores productivos; sino en los medios masivos de comunicación. A medida que su presencia y consecuencias sobre la vida natural, flora, fauna y hasta vida humana se hacen más evidentes.

**¿A qué llamamos Contaminantes Emergentes? Se refiere de tal forma a todo contaminante previamente desconocido o no reconocido como tal, cuya presencia en el medio ambiente no es necesariamente nueva, pero sí la preocupación por las posibles consecuencias de la misma. La mayor preocupación se centra en compuestos derivados de la actividad humana: doméstica, agricultura, industria.**

El abordaje de este problema implica grandes dificultades. En primer lugar de identificación: se trata de miles sino millones de compuestos presentes en muy baja concentración (“trazas”, medidas en nanogramos o microgramos). En virtud de ellos se ha comenzado por clasificar por familias o categorías:

CATEGORÍAS	PRINCIPALES SUBCLASES	PRINCIPALES FUENTES
RESIDUOS FARMACÉUTICOS	Antibióticos, estimulantes, $\beta$ bloqueantes, reguladores de lípidos, etc	Efluentes Domésticos (excreciones) Efluentes hospitalarios
CUIDADO PERSONAL	Fragancias, desinfectantes, filtros UV, repelentes de insectos	Efluentes domésticos: - Duchas, Natatorios - Excreciones
HORMONAS	Estrógenos	Efluentes domésticos (excreciones)
SURFACTANTES	Surfactantes no iónicos	Efluentes domésticos: Baño, lavado de vajillas, lavadereos
QUÍMICOS INDUSTRIALES	Platificantes, productos para combatir el fuego	Efluentes domésticos por lixiviación
PESTICIDAS	Insecticidas, herbicidas, fungicidas	Efluentes domésticos: Jardines, campos deportivos, agricultura (escurridos)

**Pero, ¿cómo saber qué compuestos son realmente tóxicos y más aún, a partir de qué valores fijar límites?**

Para ello es interesante evaluar la metodología de trabajo de la EPA (Environmental Protection Agency) la cual incorpora una lista de contaminantes en su “National Primary Drinking Water Regulations”, en los que se incluyen los ya conocidos parámetros de calidad en materia microbiológica y compuestos inorgánicos así como una lista de compuestos orgánicos que se va actualizando en la medida que se determina su límite admisible (Maximum Contamination Level) y su tratabilidad por las tecnologías disponibles. Por ejemplo los derivados clorados de la desinfección (Disinfection By Products o DBPs), como los trihalometanos, con un MCL de 0,080 ppm o agroquímicos como el glifosato con un MCL de 0,7 ppm, que entrarían en las categorías como contaminantes emergentes.

Simultáneamente en forma periódica se elabora una lista de “candidatos” (Contaminant Candidate List), que se comenzaron a listar desde 1998 (CCL1) y actualmente está en desarrollo la CCL5.

La EPA pone a consideración sustancias que se sospechan potencialmente tóxicas para la vida natural para profundizar su estudio en cuanto a sus efectos, valores límites demostrables y tratamientos disponibles para su remoción. No es el propósito de este artículo profundizar en detallar esos listados pero baste mencionar por ejemplo que los fármacos más comunes como ibuprofeno, paracetamol, antibióticos u hormonas sexuales como el estradiol, agroquímicos, etc son motivo de estudios.

Existen muchos casos detectados de problemas en especies sensibles de peces que, especialmente en lagos y lagunas donde se concentran al recibir efluentes municipales aún depurados, sufren, por ejemplo, “hermafroditización” disminuyendo su capacidad reproductiva de los machos.



La Las plantas depuradoras existentes y posteriormente las plantas potabilizadoras que captan agua debajo de las descargas cloacales no están diseñadas para su remoción:

**Imagen 1. Concentraciones de Fármacos**

**Tabla 1. Concentraciones de fármacos detectadas en aguas residuales y efluentes de depuradoras (Adaptado de Petrovic, 2005)**

Grupo terapéutico	Compuesto	Entrada EDAR (ng/l)	Efluente EDAR (ng/l)
Analgésicos y anti-inflamatorios	Ketoprofeno	451	318
	Naprxeno	99	108
	Ibuprofeno	516	266
	Diclofenac	250	215
	Acetaminofen	10194	2102
Antilipemiantes	Acido clofibrico	72	28
	Gemfibrozil	155	120
Anticépticos	Bezafibrato	23	10
	Carbamacepina	420	410
Antiulcerosos	Ranitidina	188	135
	Azitromiciona	152	96
Antibióticos	Sulfametoxazol	590	390
	Trimetropina	1172	290
	Atenolol	400	395
Beta-bloqueante	Sotalol	185	167
	Propranolol	290	168

**NOTA:** algunos compuestos son muy resistentes a la degradación en plantas depuradoras y puede demandar su posterior eliminación por oxidación avanzada en caso de reúso

	Ácido hipocloroso HOCL	Dióxido de Cloro ClO2	Peróxido de Hidrógeno H2O2	Ozono O3	Radical Hidroxilo HO·
Formas	Cloro gas, Hipoclorito de sodio	Producción on-site 25% de clorito de sodio (eq) con Cl2(gas) o HOCL	solución Acuosa	Gas generado on-site a partir de aire o oxígeno puro	Proceso AOP
Potencial Redox Standard Eo (V)	1.481	1.57	1.780	2.08	2.80

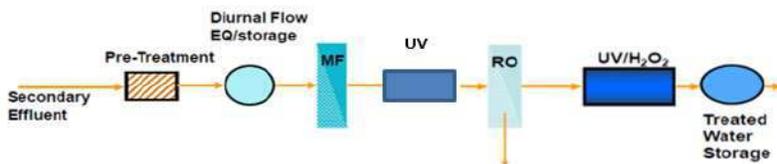
Como puede verse en el cuadro precedente el radical hidroxilo ofrece el doble de potencial de oxidación que, por ejemplo, la cloración, por lo que especialmente atractivo para la remoción de contaminantes emergentes remanentes luego del pasaje por membranas

## REMOCIÓN POR OXIDACIÓN AVANZADA

Dado que los tratamientos convencionales tienen un efecto cuanto menos limitado en la remoción de contaminantes emergentes es cada vez más frecuente la aplicación de tratamientos específicos en especial en lo que hace al reúso del agua municipal.

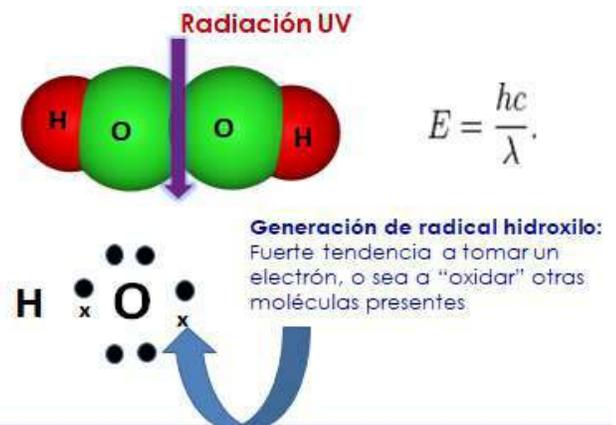
El reúso de aguas municipales para agua potable (directo o indirecto) es cada vez más extendido por lo que la necesidad de conocer y remover contaminantes emergentes es también cada vez mayor.

El esquema de procesos más difundidos conceptualmente es el siguiente:



A partir del efluente depurado por la planta biológica convencional se plantea un proceso multibarrera: MF/UF + UV + RO y la materia orgánica remanente es finalmente removida por "oxidación avanzada".

Se trata de generar un oxidante suficientemente potente como para mineralizar la materia orgánica presente, expresada por ejemplo como TOC a niveles de Co2



Para la generación de este radical existen varios métodos, aunque es cada vez más usual el empleo de procesos fotoquímicos basados en radiación UV.

Se suele llevar a cabo el agregado de un "dador" de radicales como el peróxido de hidrógeno que merced a la energía entregada por la radiación UV se descompone formando estos radicales inestables que procuraran ganar electrones rompiendo ligaduras químicas de las sustancias orgánicas presentes o se recombina volviendo a la forma inicial.



La presencia de un único contaminante emergente es poco habitual. Puede darse fundamentalmente en caso de napas subterráneas contaminadas, por compuestos de comportamiento conocido ante la radiación UV o que se requieran ensayos de laboratorio y/o ensayos piloto para determinar la potencia de lámparas necesaria, lo cual se rige por la siguiente fórmula:

$$P [kW] = EEO \cdot \text{Log} \left( \frac{C_{in}}{C_{out}} \right) \cdot Q \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$



Donde EEO es la Energía Eléctrica por Orden de Reducción.

Un ejemplo para remoción de geosmina, contaminante común en reservorios de agua con presencia de algas, la EEO es aproximadamente 0,25 kwh/m3, o sea para reducir 1 orden logarítmico, por ejemplo de 100 a 10 ng

## REMOCIÓN DETOC

Para aguas superficiales o reúsos difícilmente se trate de un único compuesto por lo que deberá comprobarse la energía requerida para reducir 1 orden de un valor genérico como el total de carbono orgánico o TOC.

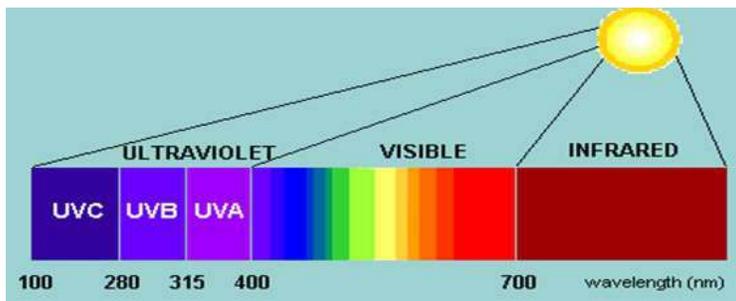
Para remoción de un orden logarítmico (ejemplo de 1,0 a 0,1 ppm) se requiere típicamente entre 0,3 a 0,5 KWH/m3.

En caso de permeado RO es posible la generación de radicales por la fotólisis de las moléculas de agua, con lo que no queda residuo.

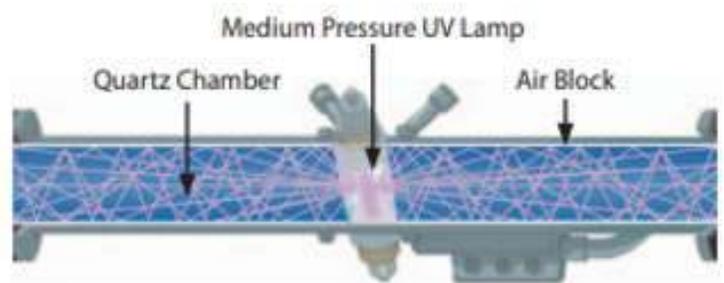
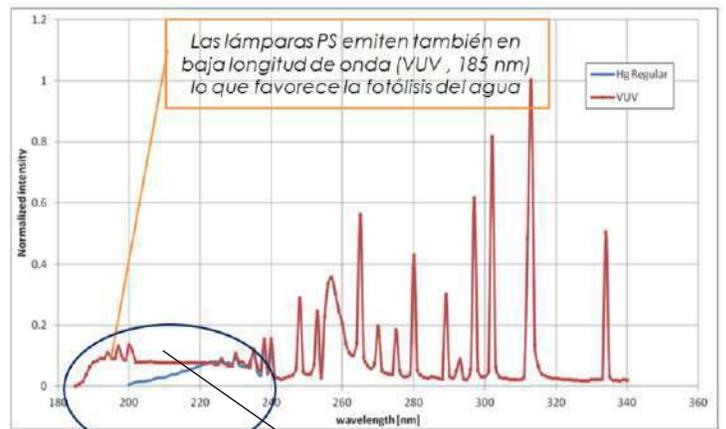
Como se desprende de la fórmula una menor longitud de onda entregará mayor energía y así para > 200 nm se puede desarrollar una fotólisis parcial del agua, con lo que se puede desarrollar el proceso de oxidación avanzada sin dejar residuos.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Para esta aplicación específica Atlantium ha desarrollado una lámpara que, manteniendo la emisión policromática propia de la lámpara de media presión, cuenta con una emisión mayor por debajo de los 200 nm, merced a la utilización de materiales especiales (pure silica- PS)

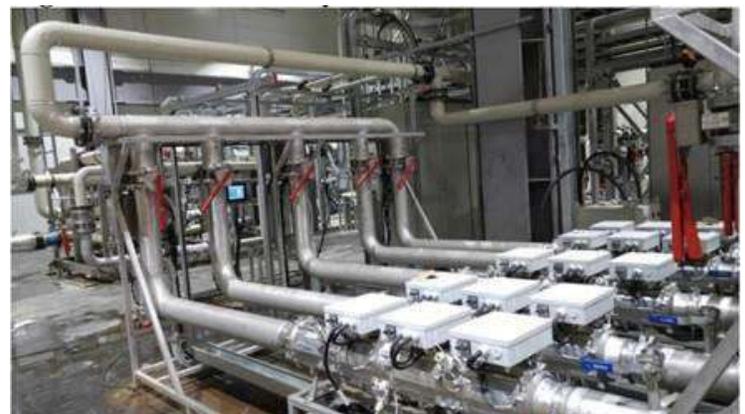


**Equipo UV para remoción de TOC luego de equipo RO aplicado en industria electrónica (500 ppb a < 20 ppb)**  
**5 módulos Atlantium RZ 163 13-HP con lámparas PS para tratar 100 m3/hr cada uno**



Esta posibilidad es especialmente eficiente para remoción de TOC, lo cual es de aplicación para industrias que requieren agua ultrapura, como la farmacéutica, la electrónica y crecientemente para alimentar calderas de alta presión para generación de energía por exigencias de TOC < 100 ppb para el vapor que accionan las turbinas generadoras, con la ventaja adicional de proteger al CEDI cuyos fabricantes establecen un límite < 0,5 ppm de TOC.

**AOP por UV**





# PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTÓNOMO PARA SUMINISTRO DE AGUA CON CUMPLIMIENTO DE LA NOM-127-SSA1-1994 PARA USO Y CONSUMO HUMANO, A PARTIR DE POZOS EN EL DESIERTO DE SAMALAYUCA, MÉXICO

Alejandra Santamaría Islas<sup>a</sup>, Rosenberg Romero Domínguez<sup>a\*</sup>, Antonio Rodríguez Martínez<sup>a</sup>, Ulises Dehesa Carrasco<sup>b</sup>, Jonathan Ibarra Bahena<sup>b</sup>, Esmeralda Cervantes Rendón<sup>c</sup>, Luis Ernesto Cervera Gómez<sup>c</sup>, Jesús Cerezo Román<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad No. 1001, Col Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, 62209, México

\*[rosenberg@uaem.mx](mailto:rosenberg@uaem.mx)

<sup>b</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Blvd. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Jiutepec, Morelos, 62574, México

<sup>c</sup>El Colegio de Chihuahua, Colonia Progresista. Ciudad Juárez, Chihuahua, 32310, México

**Resumen.** La localidad de Samalayuca, región desértica ubicada en la parte norte del estado de Chihuahua, tiene como única fuente de agua, el acuífero Samalayuca, que en algunas zonas excede los límites permisibles indicados por las normas existentes, lo que compromete su viabilidad para irrigación agrícola y para consumo humano. Aunado a esto, en esta zona no se cuenta con un sistema hidráulico, lo que conlleva a que algunos habitantes de esta localidad tengan acceso al agua de forma individual, adquiriendo camiones cisterna. En la actualidad, los sistemas de tratamiento de agua salobre con energías renovables pueden ayudar a aumentar la disponibilidad hídrica en zonas alejadas de la red eléctrica o hidráulica. La Ósmosis Inversa de baja presión (OIBP) o Nano-filtración (NF) es una alternativa para tratamiento de agua salobre mediante tecnología de membrana impulsada con una fuente de energía limpia, como la fotovoltaica (FV). El objetivo principal se sustenta en la necesidad de ofrecer alternativas para abastecer agua potable a localidades con características de calidad hídrica como la de Samalayuca, mediante un sistema autónoma NF-FV, haciendo uso de la energía limpia, en este caso la solar.

**Palabras Clave:** agua salobre; desalinización, energía solar, fotovoltaico; nanofiltración; zona desértica

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el territorio mexicano presenta una problemática hídrica que va desde la desigualdad en el acceso y la distribución del agua, hasta la cantidad y sobre todo la calidad de la misma, debido principalmente al crecimiento demográfico y al proceso de urbanización en los últimos decenios.<sup>1</sup> México presenta cuatro regiones vulnerables a los problemas de desertificación y sequía, dentro de las cuales, está la cuenca del Río Conchos en el árido estado de Chihuahua. Es la región hidrológica más importante del norte del país, la cual presenta altos niveles de vulnerabilidad por las frecuentes sequías.<sup>2</sup>

## 1.1 CASO DE ESTUDIO

En la parte norte del estado de Chihuahua se encuentra la localidad de Samalayuca, está ubicada en una región desértica a 52 km al sur de Ciudad Juárez.<sup>3</sup> Esta zona se caracteriza por ser árida-extremosa con un clima seco y muy seco-templado, con presencia de lluvias en verano. Se estima que la precipitación media anual es de 257 mm, por tal motivo, el escurrimiento superficial es temporal y sólo ocurre en las zonas donde la precipitación es suficiente. En este sentido, su única fuente de agua es subterránea y corresponde al acuífero Samalayuca. Hasta el momento, en ciertas zonas de esta localidad no se cuenta con un sistema o infraestructura hidráulica para tener acceso al agua, por lo que, la extracción de este recurso se realiza de forma individual o familiar, además de que no se cuenta con un sistema de riego definido.<sup>4</sup> Conjuntamente a los problemas en el acceso a este recurso, las reservas en los acuíferos de esta región están constituidos en su mayoría por aguas salobres. Este hecho, complica aún más la disponibilidad de agua con estándares de calidad necesarios para los diversos usos en la región.<sup>5</sup> Con base en un estudio de calidad del agua para un influente, catalogada como potable, de un pozo ubicado en el rancho Dos Amigos, cerca del poblado de Samalayuca, en el municipio de Juárez, en las coordenadas x: 03611049, y: 3475986 (coordenadas en UTM), región 13N, se observó un alto contenido de sulfatos (2,480 mg/l), cloruros (865 mg/l), sodio (826 mg/l) y presencia de Boro (1.37 mg/l). De acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994, el agua no es apta para consumo humano<sup>6</sup>, y su uso compromete su viabilidad para riego y para consumo humano. Actualmente, el agua de este pozo es utilizada para limpieza en un comercio local, ya que, por su calidad, no puede ser destinada directamente para riego y consumo humano.



Por tal motivo, los habitantes del lugar adquieren agua para consumir y usar para riego dentro de su vivienda, por medio de un camión cisterna. Lo que se traduce en un problema con impacto negativo en la economía, el desarrollo local, ambiental y, sobre todo, en el acceso igualitario a este recurso. Bajo este contexto, es conveniente someter el agua influente a un tratamiento mediante sistemas de desalinización, con el fin de retirar los compuestos que demeritan la calidad del agua y pueda ser utilizada dentro de los hogares o para la agricultura de traspatio. Por otra parte, a pesar de los indudables problemas hídricos, la zona de estudio presenta un alto potencial para el aprovechamiento de la energía solar mediante sistemas fotovoltaicos. Debido a que, presenta una irradiación promedio de 7.8 kWh/m<sup>2</sup>/d,<sup>7</sup> considerada de las más altas a nivel nacional<sup>8</sup> Por lo que la energía solar representa una alternativa para energizar los sistemas de desalinización, garantizando el derecho humano al agua y potenciando el desarrollo local mediante cultivos de bajo consumo de agua (hidroponía).

## 1.2 PROPUESTA DE UN SISTEMA DESALINIZADOR

La implementación de un sistema de tratamiento de agua con energías renovables, aumenta la disponibilidad de agua de buena calidad en zonas alejadas de la red eléctrica o hidráulica. En países como España, Israel, Emiratos Árabes Unidos y los Estados Unidos de Norteamérica han optado por la instalación de tecnología de membrana para desalinizar el agua.<sup>9</sup> Por ejemplo, la nanofiltración (NF) u ósmosis inversa de baja presión (OIBP), es un sistema de tratamiento de agua con tecnología de membrana impulsada por presión, con gran efectividad para prácticas de desalinización y compatibilidad con fuentes de energías alternas como la solar mediante sistemas fotovoltaicos. Este sistema desalinizador funciona con presiones más bajas consumiendo menor energía con respecto a la requerida por la ósmosis inversa convencional, por tal motivo, el diseño, construcción e instalación de estos sistemas son más sencillos, convirtiéndose en sistemas a pequeña escala, en donde la energía requerida puede obtenerse a partir del aprovechamiento de la radiación solar, sobre todo en zonas remotas.<sup>10</sup> En varios estudios, la NF u OIBP ha sido utilizada para la remoción de metales pesados, obteniendo una eficiencia de remoción de 98%.<sup>11</sup> Así como para la reducción de más de 75% de sólidos disueltos totales (SDT),<sup>12</sup> 70% de sodio,<sup>13</sup> 60% de retención de cloruros y casi 100% para el caso de sulfatos.<sup>14</sup> Por ello, es de suma importancia, considerar un análisis de la calidad del agua disponible en la zona de estudio, para poder proponer el diseño de un sistema viable, es decir, eficiente para la remoción de partículas ajenas al agua, considerando distribución, operación y mantenimiento.<sup>15</sup>

## 2. METODOLOGÍA

Mediante el software CSM, utilizado para el cálculo y dimensionamiento de un sistema de membrana de ósmosis inversa y/o nanofiltración, se generó una proyección precisa del sistema de nanofiltración adaptado a las condiciones del agua a tratar. Específicamente para el caso de Samalayuca, se seleccionaron unas membranas BLN (Brackish-Low por sus siglas en inglés) a baja presión. Se presentaron tres propuestas para la configuración del sistema de tratamiento de agua en la zona de estudio, y con base en los requerimientos de los usuarios, se le dio al sistema una estructura como la que se muestra en la Figura 1.

**Figura 1. Sistema de membranas con detalle del filtro para el influente<sup>16</sup>**



Funciona manteniendo una relación de 1:5 de permeado respecto a la alimentación. El diseño propuesto permite tener una alimentación y dos salidas, una para el agua producto y otra para el rechazo o salmuera, el cual se dirige a un sistema de reinyección. El prototipo está conectado a un sistema fotovoltaico (FV) con una potencia promedio de 1.92 kW, el cual suministra energía a una bomba centrífuga sumergible de corriente directa, sin banco de baterías.

## 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

### 3.1 CALIDAD DEL AGUA

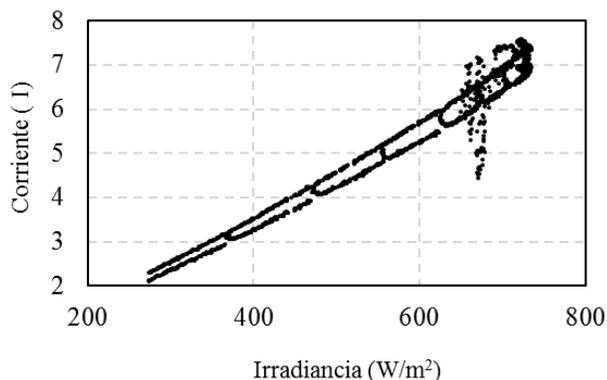
Los resultados experimentales previos del dimensionamiento del sistema NF-FV propuesto para Samalayuca, demostraron una reducción considerable en las cantidades de sólidos disueltos totales (SDT) del influente, de 1,070 mg/L a 18 mg/L, y de igual forma, una disminución en la conductividad eléctrica, de 2,210 µS/cm a 36 µS/cm. Por lo tanto, bajo condiciones experimentales diseñadas para el caso de estudio con el sistema NF, se observó una eficiencia de remoción de 98.3%. Para validar estos datos, las muestras fueron enviadas a los laboratorios del agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para su análisis. Con base en estos resultados se espera que el sistema propuesto disminuya las altas concentraciones de sodio, sulfatos, cloruro y zinc, obteniendo los valores permisibles de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994.



## 3.2 EFECTO DE RADIACIÓN SOLAR

Debido a la latitud del lugar (19.1417° y -103.7083°), época del año y efectos de humedad atmosférica, la máxima radiación registrada fue de 735.2 W/m<sup>2</sup>. En la Figura 2, se presenta el comportamiento de la radiación respecto a la corriente que demanda el sistema. La dependencia se observa cuasi lineal.

**Figura 2. Comportamiento de la radiación respecto a la corriente que demanda el sistema<sup>16</sup>**



## 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó un prototipo de nanofiltración energizado con un sistema fotovoltaico (NF-FV). El diseño del sistema propuesto se realizó con base en las características del agua a tratar, proveniente de un pozo en la localidad de Samalayuca, Chihuahua, así como, de los requerimientos hídricos de los usuarios. De acuerdo a los resultados, el sistema se compone de cuatro membranas de poliamida para baja presión con una relación de permeado de 1:5. En los resultados del prototipo diseñado y evaluado, se observó que, a bajas presiones, los valores de SDT mostraron una eficiencia de remoción del 98.3%. Con base en los valores de radiación solar en Samalayuca, se comprobó que se cuenta con el recurso solar para proporcionar la energía que requiere el sistema desalinizador. Por lo tanto, la instalación de un sistema fotovoltaico calculado para energizar el sistema de nanofiltración propuesto, es una opción viable para tratar el agua salobre que se extrae en la zona de estudio. En este orden de ideas, se considera que con esta tecnología es posible proporcionar agua de calidad a los habitantes de Samalayuca, para uso agrícola, así como para consumo humano. Por último, los resultados experimentales del prototipo diseñado, bajo las condiciones del caso de estudio, indicaron que el sistema cumple con las necesidades de los usuarios, lo que se traduce en una alternativa tecnológica para los sistemas de desalinización de agua que funcionan con energías limpias, que además de proporcionar agua de calidad, contribuyen al mismo tiempo a una mejora sustentable, es decir, una mejora para el escenario social, económico y sobre todo ambiental.

## AGRADECIMIENTOS

Todos los autores agradecen a la Red Temática Conacyt de Sustentabilidad Energética, Medio Ambiente y Sociedad (Red SUMAS), número de proyecto 293876, por el apoyo en la investigación.

Los autores agradecen al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y al proyecto 879 de Problema Nacionales. Jonathan Ibarra Bahena agradece al proyecto CIC 2018 por el apoyo económico recibido.

## Referencias

- [1] Perevchtchikova, M. (2010). La problemática del agua: revisión de la situación actual desde una perspectiva ambiental. En Lezama, J. & Graizbord, B. (Coords.) *Los grandes problemas de México* (pp.61-104): CDMX, México: Colegio de México.
- [2] CONAGUA. (2011). Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México. Recuperado de: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf>
- [3] IMIP (Instituto Municipal de Investigación y Planeación). (2010). Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Juárez. Recuperado de: <http://www.imip.org.mx/Images/proyectos/planes/pdfs/POET.pdf>
- [4] CONAGUA. (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Samalayuca (0810) Estado de Chihuahua. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103571/DR\\_0810.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103571/DR_0810.pdf)
- [5] CONAGUA. (2002). Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Samalayuca, Estado de Chihuahua. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103571/DR\\_0810.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103571/DR_0810.pdf)
- [6] Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. "Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- [7] NREL (2018). National Solar Radiation Database (NSRDB). Direct Normal Irradiation. Consultado en: <https://nstrdb.nrel.gov/nstrdb-viewer>
- [8] Pérez-Blanco, R. E., Rodarte-Dávila, J., Paz-Gutiérrez, J. C., & Canales-Valdiviezo. (2011). Estudio de la incidencia solar en la región de Ciudad Juárez para caracterizar el potencial solar-energético. En Domínguez-Ruvalcaba, L. (Coord.), *Recolección de energía eólica y solar para uso emergente*. pp. 11). Ciudad Juárez, Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- [9] Dehesa-Carrasco, U., Ramírez-Luna, J. J., Calderón-Mólgora, C., Villalobos-Hernández, R. S., & Flores-Prieto, J. J. (2016). Experimental evaluation of a low pressure desalination system (NF-PV), without battery support, for application in sustainable agriculture in rural areas. *Water Science & Technology: Water Supply*. pp. 1-9.
- [10] Richards, S. B. & Schäfer I. A. (2003). Photovoltaic-powered desalination for remote Australian communities. *Renewable energy*, 28, 2013-2022.
- [11] Caviedes-Rubio, D. I., Muñoz-Calderón, R. A., Perdomo-Gualtero, A., Rodríguez-Acosta D. & Sandoval-Rojas I. J. (2015). Treatments for removal of heavy metals commonly found in industrial wastewater. A review. *Revista Ingeniería y Región*, 13(1), pp. 73-90.
- [12] Claudio-Gómez O. G. (2018). Flores-Prieto, J.J., Ramírez-Luna, J.J., Calderón-Mólgora, C., Delgado-Quezada, E., & Morales-García, A. de J. (2015). Tratamiento de agua salobre mediante nanofiltración solar a baja presión para irrigación. *Tecnología y Ciencia del Agua*, vol. VI, (6), pp. 5-17.
- [13] Fatehizadeh, A., Taheri, E., Amin, M. M. & Mahdavi, M. (2018). Sodium and potassium removal from brackish water by nanofiltration membrane: Single and binary salt mixture. *Desalination and water treatment*, 103, 65-71.
- [14] Al-Zoubi, H. & Althyabat, S. (2012). Treatment of a Jordanian phosphate mine wastewater by hybrid dissolved air flotation and nanofiltration. *Mine Water and the Environment*, 31, pp. 214-224
- [15] Werner, M., & Schäfer, A. I. (2007). Social aspects of a communities. *Desalination*. 203, pp. 375-393.
- [16] Claudio-Gómez O. G. (2018). *Desalinización de agua para aplicaciones de potabilización mediante el desarrollo de tecnología solar sustentable*. (Tesis de Maestría). Centro de Investigación en óptica. León, Guanajuato, pp. 53-54.





# ALADYR EN LA ESCUELA

**Prensa ALADYR.** 270 Alumnos de primaria del Instituto Juvenil de la ciudad argentina de Mar del Plata recibieron una charla informativa y reflexiva sobre los Contaminantes Emergentes, Desalinización y Uso Responsable del Agua. Una iniciativa que corresponde a las aristas de Responsabilidad Social de ALADYR y su programa de formación de niños y jóvenes en torno a la valoración del agua.

Con un auditorio lleno de niños entre los 6 y 12 años, el Vicepresidente de ALADYR Alejandro Sturniolo, explicó a los infantes el ciclo del agua de una forma didáctica y habló de cómo intervienen los contaminantes y qué podemos hacer desde casa, aun siendo chicos, para cambiar la situación.

En la presentación, Sturniolo mencionó que La Tierra está compuesta en 70% por agua y que “existe la misma cantidad de agua en el planeta de cuando existían los dinosaurios, solo que no en el mismo lugar y no tiene la misma calidad”. Información que sorprendió a los niños, pues el mensaje que se suele predicar está orientado a mencionar que hay escases de agua cuando realmente el problema radica en el acceso y calidad de ésta.

Hizo énfasis en que a pesar de toda el agua, en realidad no es mucha de la que se dispone para consumo humano, agregando que la desalación de agua de mar permite mejorar este panorama; sin embargo resulta imprescindible proteger lo que tenemos tanto para esta generación como las futuras.

Sturniolo señaló que la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que hay 2100 millones de personas en el mundo que no cuentan con agua potable en sus hogares y que esto significa que hay muchos niños propensos a enfermarse por beber agua que no es de buena calidad.

Luego de describir el panorama general del agua para los colegiales, Sturniolo introdujo el concepto de los Contaminantes Emergentes. “Hay contaminantes que podemos ver como el plástico, las colillas de cigarrillos y las pilas que usamos en los aparatos portátiles; pero hay otros contaminantes que no vemos en el agua como los remedios, gaseosas, edulcorantes y antibióticos. Los que no vemos son los Emergentes y empezaron a preocuparnos hace poco tiempo”. Completó al decir que afectan a plantas, animales y seres humanos.

“Afortunadamente existen las tecnologías para remover del agua a los Contaminantes Emergentes más peligrosos o que están presentes en mayor cantidad”, en este contexto explicó qué son las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y cómo deben ser actualizadas para ser efectivas ante esta nueva amenaza.

Los niños continuaron atentos durante toda la presentación, que avanzó con el tema de la potabilización de agua de mar. Sturniolo les reveló que se puede extraer la sal del agua del mar para que las personas la puedan beber y calmar su sed y que ya existen más de 300 millones de personas que se abastecen de agua desalinizada producida por 20 mil plantas ubicadas en 150 países alrededor del mundo.



Para interactuar con los estudiantes Sturniolo les dijo cómo podrían ahorrar o no contaminar agua y llevar la cuenta en litros por día. Adicionalmente multiplicaron el índice diario por años y después por la cantidad de niños en el auditorio. La cifra final sorprendió a los jóvenes por tener muchos dígitos.

Para finalizar la exposición se hizo una ronda de preguntas. “Entonces, ¿nos vamos a quedar sin agua?”, preguntó el director de ALADYR. Los niños acertadamente respondieron “Noooo”. “¿La tecnología puede producir agua potable de cualquier fuente?” – “Síiiii”. “¿Qué debemos hacer para que el 2050 no tengamos un mundo contaminado?” – “Cuidar el Medio Ambienteeeee”.

Martha Noemí Fernández, directora del plantel, declaró que la charla fue de mucho provecho y que los alumnos captaron la información con sorprendente facilidad. “Hay cosas de las que nosotros los adultos no somos conscientes. No cuidamos el agua”.

La directora de Juvenilia, agradeció a Sturniolo y dijo que la institución es receptiva a estas iniciativas que fomentan la conciencia de los escolares por preservar el medio ambiente y asegurar el acceso a los recursos. Informó que en el calendario de actividades del colegio está prevista la feria de ciencias, para la cual Sturniolo

trabaja con un grupo de estudiantes, preparándolos para dar una presentación con un muestra in situ de potabilización de agua mediante una pequeña planta de tratamiento.

**“Tenemos un procedimiento para agregar actividades pero particularmente me encantaría que más acciones como presentaciones interactivas y programas de liderazgo puedan integrarse para hacer de los escolares ciudadanos conscientes en la preservación del Planeta. Creo que los niños tendrán 40 años y gracias a iniciativas como esta recordarán cómo cuidar el ambiente”, concluyó la Fernández.**



## INSTALACIONES SANITARIAS DIGNAS PARA NIÑOS EN PERÚ

**Prensa ALADYR.** En expresión de su vocación por la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), GS Inima, empresa socia ALADYR, inauguró instalaciones de saneamiento para escuelas de la provincia de Morropón, perteneciente al departamento de Piura en Perú.

El proyecto, que ha sido desarrollado con Energía sin Fronteras y con la colaboración de Mirhas Perú, ha consistido en la financiación, diseño y construcción de las instalaciones de saneamiento en varios colegios de aldeas sin recursos situadas en el término municipal de La Matanza, uno de los diez distritos que conforman a la provincia de Morropón.

Javier Romero Sanz, gerente de desarrollo de negocio de GS Inima, estuvo presente en los actos de inauguración en los diferentes colegios y expresó su satisfacción de poder comprobar que el proyecto ya es una realidad y que los niños ya disfrutaban de instalaciones acordes a sus derechos y necesidades.

GS Inima Environment está comprometida con el desarrollo social y el saneamiento para todos, preceptos incluidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU que buscan lograr una convivencia más armoniosa en el mundo para el año 2030.

**“Es importante llevar agua y saneamiento a aquellos que lo necesitan y no tienen recursos. Es una gran satisfacción participar en estos proyectos que suponen una importante mejora en la calidad de vida de las familias y que tienen una repercusión directa**

**en la mejora de la salud de los niños y de la comunidad. El agua es vida y el saneamiento es salud”, dijo Romero Sanz.**





## ALADYR CONGREGÓ A 320 ASISTENTES EN SALVADOR

### Seminario ALADYR Brasil 2019 destacó por múltiples razones

**Prensa ALADYR.** El último seminario de Desalinización, Reúso y Tratamiento de Agua y Efluentes de ALADYR se realizó en Salvador-Brasil el pasado 22 y 23 de mayo. Congregó a 320 asistentes y 150 empresas que atendieron a ponencias y foros de especialistas, autoridades e investigadores de la gestión sustentable del agua.

Este seminario tuvo la particularidad de contar no sólo con las autoridades gubernamentales responsables de la gestión del agua, sino que también se hicieron presente los encargados de la transferencia tecnológica de desalinización entre Israel y Brasil como parte del programa binacional de cooperación para contrarrestar la escasez de agua producto de la sequía en el nordeste del país amazónico.

Como antesala al evento, el día 21 se realizó una reunión comercial entre socios de ALADYR y una comitiva de representantes de CETREL, empresa encargada de la planta de tratamiento de efluentes del Polo Industrial de Camaçari. Ésta es la mayor planta de tratamiento de efluentes petroquímicos de toda América Latina y es responsable de proporcionar la disposición ambiental adecuada de 70 empresas de diversos segmentos.

Los socios pudieron ofrecer sus productos y servicios a CETREL como usuario final. Acto seguido los miembros

ALADYR y asistentes al seminario realizaron un recorrido por la planta de tratamiento de efluentes y conocieron de primera mano las innovaciones de monitoreo online de la toxicidad de efluentes en procesos de tratamiento biológico y demás procedimientos que posicionan a la planta como una referencia tecnológica.

El siguiente día comenzó el evento entre bienvenidas de altos funcionarios gubernamentales y manifestaciones culturales locales, para luego dar paso a las ponencias y foros abiertos con los líderes del rubro.

Al final, los participantes del evento degustaron agua potable producida a partir de agua de mar desalinizada mediante una planta desaladora piloto expuesta en el estacionamiento del Museo de Arte Moderno de Bahía. De tecnología israelí y fabricación brasileña, la planta mide dos metros de alto por dos de ancho y tiene una capacidad de potabilizar 500 litros de agua salada por hora.

La desalinizadora de agua de mar que operó en vivo para hidratar a los presente, costó cerca de 10 mil dólares y sirvió para demostrar la efectividad del proceso de desalinización como alternativa idónea para garantizar acceso al agua potable.



## LAS PONENCIAS

Eduardo Pedroza, especialista en agua y efluentes de CETREL y ponente del evento afirmó que "El valor del agua no necesariamente está en su origen, sino en la confianza de su disponibilidad y calidad. Las tecnologías de reutilización y desalinización son puntos clave para la sostenibilidad hídrica en América Latina".

Por su parte Itzhak Reich, Cónsul Jefe de la Misión Económica y Comercial Israelí en Sao Paulo dio detalles sobre la transferencia tecnológica en desalinización. "Israel es el mejor socio para garantizar el acceso al agua potable en el noreste de Brasil".

Eduardo Berrettini, Gerente Técnico de GS Inima expuso el caso de éxito sobre la primera desalinización de gran porte en Brasil en el estado de Fortaleza.

El representante del Ministerio Público del Estado de Sao Paulo, José Mirzwae habló sobre la propuesta de control de la calidad del agua en el proyecto "Conexión Agua".

El primer foro llevó por nombre Políticas Públicas, Finanzas y Desafíos de Sustentabilidad Hídrica en América Latina y el panel estuvo integrado por varias autoridades reconocidas en el tema, entre ellas Cássio Cunha Lima, senador regional para el periodo (2010-2018), ex gobernador del estado de Paraíba y autor de proyectos de Ley de Reúso.

El exgobernador estuvo acompañado por, Antônio Juliani, de la Coordinación de Energías Renovables y Sustentabilidad y analista del Ministerio de Economía, quien declaró que "el Ministerio (de Economía) está trabajando para hacer este sistema (la desalinización) más accesible".

En el estrado del foro también estuvieron presentes Renato Ferreira Saraiva, director de Recursos Hídricos y Revitalización de Cuencas Hidrográficas y Coordinador del

Programa Agua Dulce del Ministerio de Desarrollo Regional; Demosthenes Carvalho Filho, director de operaciones de CETREL y Giuliano Vito Dragone de ABCON SINDCON.

El segundo foro tuvo como tema a los contaminantes emergentes y el desarrollo de nuevas tecnologías para tratarlos. En este compartieron tarima Alejandro Sturniolo, vicepresidente de ALADYR; Diogo Taranto, director de desarrollo de negocios de Grupo Opersan y José Mirzwae.

El tercer foro llevó por nombre Una Mirada al Mañana. Fue una oportunidad para anticiparse a los retos que tiene la industria del agua de cara al futuro y las características que el mercado podría presentar.

Las ponencias en distintos temas continuaron a lo largo de los dos días y abarcaron temas normativos, regulatorios, técnicos, operacionales y tecnológicos de la desalinización, reúso y tratamiento de agua y efluentes.

Quienes asistieron al evento expresaron su plena satisfacción con la organización del mismo. Destacaron las oportunidades de negocio, la formación y la calidad de las ponencias.

Este fue el segundo seminario de ALADYR en lo que va de 2019. El primero se realizó en Buenos Aires y también superó las expectativas de participación. Aún restan seis eventos en la agenda anual de la Asociación, siendo más próximo el realizarse en San José de Costa Rica los días 9 y 10 de julio.

**Las bolsas que se entregaron de obsequio a los asistentes fueron elaborados a partir de material reciclado de botellas de plástico. En una de las caras de la bolsa se leía en portugués "yo fui una botella de plástico". La organización del evento lo consideró como una forma de hacer un llamado a la conciencia y de apoyar iniciativas ecológicas congruentes con la promoción de la gestión sustentable del agua que ALADYR lleva.**

