

## EDITORIAL

### **RECURSOS HÍDRICOS Y DESARROLLO SOCIOECONÓMICO EN ZONAS ÁRIDAS: IMPORTANCIA Y PERSPECTIVAS DE NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS AL TRATAMIENTO DE AGUAS NATURALES Y/O RESIDUALES**

Los desiertos o zonas áridas son regiones del planeta que se caracterizan por estar sometidas a factores que limitan el asentamiento y desarrollo de cualquier organismo viviente. En estas zonas la aridez está relacionada directamente con la escasez de agua, condición generada no sólo por la falta de lluvia, sino también como consecuencia de la limitada humedad del suelo, la permeabilidad, evaporación y transpiración de las plantas. Así, también, como por las características ambientales como la intensidad y duración de la luz solar, el calor, la humedad atmosférica y el viento. Si se trata de identificar cuáles son los elementos que combinados promueven las condiciones de aridez, se encontrará que los más frecuentes, característicos y significativos corresponden a la falta de agua y a la presencia de temperaturas extremas.

En la Región de Arica y Parinacota, zona ubicada en el desierto de Atacama, las precipitaciones anuales en la costa suelen ser menores a 3 mm al año, siendo posible identificar lugares en donde el promedio de precipitaciones se ubica en torno a cero. A la falta de humedad, se debe añadir la existencia de una considerable amplitud térmica entre el día y la noche, que ocasiona condiciones aún de mayor sequedad con una composición pobre del suelo y una flora y fauna reducidas. Las características anteriormente mencionadas acentúan el carácter condicionante de este hábitat, exigiendo, en este caso, al ser humano un mayor esfuerzo para adaptarse al medio, en comparación al desarrollo de comunidades asentadas en realidades geográficas diferentes. Sin duda, en los ambientes del norte de Chile la relación agua/desierto es tan determinante e importante que la escasez o abundancia de este recurso básico, es además de todo lo señalado y sabido, responsable de trazar y delimitar de manera natural las fronteras de lo que conocemos como desierto.

Desde el punto de vista de los sistemas vivientes, el agua es una sustancia reconocida como esencial para su existencia, permitiendo el transporte interno de nutrientes y productos residuales generados como consecuencia de la actividad celular. No obstante, diversas investigaciones han demostrado que el consumo de agua contaminada o de reducida calidad física, química o microbiológica derivan en la gestación de enfermedades (Ej: Hidro Arsenicismo Crónico Endémico, HACRE). La contaminación de recursos hídricos y el limitado acceso al uso del agua potable inducen a problemas sociales, económicos y de salud en las poblaciones rurales. Desde el punto de vista de la economía de un país, la existencia, calidad y cantidad de sus aguas corresponde, sin lugar a dudas, a una parte importante de su riqueza.

Es ampliamente conocido el hecho que los tres cuartos de la superficie terrestre están cubiertos con agua, sin embargo, mucha de esa agua no es apta para consumo humano. Esta realidad también es aplicable a los recursos hídricos disponibles en nuestra región, donde éstos se ven fuertemente influenciados por su origen en la precordillera de los Andes, presentando un importante aporte mineral relacionado con la constante actividad geotermal de esta zona. Como consecuencia, algunos de los principales ríos en esta región presentan altos niveles de salinidad, boro y arsénico (Lluta: 200 µg As/L, 30 mg B/L; Camarones 1000 µg As/L, 10 mg B/L) que limitan y condicionan el empleo de este recurso a sólo algunas actividades económicas que no requieren una elevada exigencia en cuanto a la calidad y/o cantidad del agua.

A excepción de lo que ocurre en la precordillera con el llamado fenómeno del invierno altiplánico (promedio 300 mm al año por sobre los 3.000 msnm), las precipitaciones son prácticamente nulas en las zonas bajas y en consecuencia la recarga de las napas subterráneas es escasa. Una manifestación de la compleja dinámica del agua, a nivel local, es lo que sucede con los dos valles principales: Lluta y Azapa. El río Lluta es de régimen permanente y llega al mar; sus aguas presentan altos contenidos de boro, arsénico, además de cloruro y sulfato. El Valle de Azapa regado por las aguas del río San José sólo llega al mar cuando hay crecidas durante el invierno altiplánico, en enero y febrero. Por ello, la

principal vía de riego de este valle es el Canal Azapa, que trasvasa agua desde la cuenca del río Lauca. Azapa, aún cuando cuenta con aguas de adecuada calidad, enfrenta dos grandes inconvenientes: sus aguas superficiales ya no dan abasto para satisfacer las necesidades de la pujante agricultura del valle y por tanto, el acuífero está sobredemandado.

Actualmente se están realizando investigaciones para el mejor aprovechamiento del agua disponible con fines agrícolas y mejoramiento de su calidad, con bajos niveles de elementos tóxicos específicos para especies vegetales sensibles. Esto facilitaría la introducción de nuevos cultivos en los valles y, por lo tanto, un mayor desarrollo económico relacionado con este rubro. Sólo de esta forma la agricultura podrá convertirse en uno de los recursos económicos sustentables de la nueva Región.

Los procesos convencionales de tratamiento de aguas, dentro de los cuales destacan la ósmosis inversa, la floculación, la decantación, la ultrafiltración, entre otros, involucran por lo general altos costos de implementación, operación y mantención, junto a la necesidad de una alta especialización del personal a cargo. Estas condiciones dificultan que estas tecnologías sean aplicadas en zonas con baja densidad poblacional y de limitados ingresos económicos, debido a la elevada inversión inicial.

En cambio, las nuevas tecnologías relacionadas con el tratamiento de aguas para diferentes usos se presentan en la actualidad como una interesante alternativa para contribuir con la creciente demanda por el vital elemento. Estas tecnologías se presentan como desarrollo innovativo que permiten proveer de un agua segura, tanto desde el punto de vista químico como microbiológico, para el consumo humano, partiendo de las aguas naturales regionalmente disponibles, como asimismo el desarrollo de nuevos procesos para el tratamiento de diversos tipos de aguas residuales.

El uso de la radiación solar es hoy día una de las metas más codiciadas en el campo de las innovaciones tecnológicas que buscan obtener nuevas fuentes de energía para hacer del desarrollo económico una actividad sustentable.

La radiación solar es una fuente permanente de energía natural que ofrece un gran potencial para una amplia variedad de aplicaciones, debido a que sus mayores ventajas son la abundancia y accesibilidad. Los países desarrollados llevan adelante activas políticas de promoción de estos usos de la energía solar, tendiendo a transformarla en alternativas económicamente viables y adecuadamente competitivas.

En los países en desarrollo, es más difícil implementar estas tecnologías incipientes por las condiciones e inversiones que demandan. En este marco, es muy importante considerar alternativas que permitan usar el recurso con tecnologías que, basándose en conceptos e ideas científicas de avanzada, no requieran de inversiones iniciales excesivamente elevadas. Es más, el desarrollo de estos métodos que, por los beneficios que aportan a las poblaciones rurales de bajo ingresos socioeconómicos, debería ser una prioridad de parte de las políticas estatales en los países en desarrollo.

La irradiación ultravioleta presente en el espectro solar permite un método muy sencillo para neutralizar patógenos del agua en sistemas cerrados, tales como el uso de botellas de polietileno, dado que se ha demostrado que es capaz de destruir el ADN de los patógenos y evitar su reproducción.

En este contexto, y por aplicación de un proyecto de investigación, se ha desarrollado para nuestra región una tecnología de tratamiento pertinente a las condiciones ambientales y características físico-química de las aguas. Con esta investigación, utilizando materiales de uso común, se demostró que es posible usar la energía solar para desinfectar y descontaminar aguas naturales y habilitarlas para el consumo humano. En este sentido se ha priorizado el desarrollo y optimización de procedimientos simples, eficientes, amigables, económicos y socialmente aceptables para la purificación y desinfección de aguas en comunidades aisladas, principalmente ubicadas en zonas rurales.

Gracias a los resultados de esta investigación es posible, hoy en día, el desarrollo de tecnologías innovadoras que provean de manera eficiente agua segura y desinfectada a escala domiciliaria perfectamente operable por los miembros de la familia rural. Por lo tanto, el desafío del mañana es emplear los principios y experiencia obtenida en

los tratamientos de agua para uso domiciliario; en alcanzar plantas piloto que se presenten como reales alternativas a los procesos de tratamiento convencionales, en función de su bajo costo y mayores caudales hídricos tratados. Es decir, unidades piloto que combinen altas eficiencias de productividad junto a bajos costos de implementación.

Es de esperar que toda investigación relativa a la temática planteada conlleve un aumento en el desarrollo de tecnologías de tratamiento de aguas en los próximos años, como consecuencia del incremento en la demanda por agua potable de calidad y del establecimiento de regulaciones, cada vez más estrictas, en los límites permitidos para las descargas de efluentes. En el futuro cercano los avances tecnológicos deberán alinearse de manera previa a los requerimientos gubernamentales para mejorar la calidad del agua de una manera anticipada. Con los avances en las ciencias de los materiales, la nanotecnología y la utilización adecuada de la radiación solar serán posibles nuevos desarrollos en las áreas de las membranas de filtración, resinas de intercambio iónico, tecnologías de sorción y métodos de descontaminación y desinfección.

Finalmente, es importante mencionar lo anunciado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en respuesta al Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) en relación a que, basados en las nuevas tecnologías, “es posible diseñar, construir, operar y mantener plantas de tratamiento de aguas de elevada eficiencia técnica, a un costo inferior al 50% de otras soluciones tecnológicas” que permitirán continuar con investigaciones y desarrollo de nuevas soluciones para resolver el problema del aprovisionamiento de agua potable, disminuyendo la importación de procesos convencionales provenientes de países desarrollados, dándole una oportunidad a los sistemas con pertinencias regionales *made in Chile*.

Dra. Lorena Cornejo Ponce  
Departamento de Química - Facultad de Ciencias  
Convenio de Desempeño UTA - MINEDUC  
Universidad de Tarapacá  
Arica, Chile  
lorenacp@uta.cl