



# AUTOPURIFICACIÓN: TECNOLOGÍA SUSTENTABLE

**Esta implementación tecnológica permite la remoción de flúor y arsénico en aguas contaminadas, para permitir su uso y consumo humano, empleando arcillas y zeolitas naturales de México**

Por DR. MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ,  
ING. RODOLFO PÉREZ GARCÍA e ING. ADRIANA COYOTL  
Departamento de Investigación en Zeolitas, Instituto de Ciencias.  
Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Puebla, México

**E**ntre los problemas del medio ambiente que amenazan a la humanidad en el siglo XXI, la escasez del agua dulce ocupa el primer lugar de la lista. A esta carencia se le suman situaciones como el calentamiento global, la destrucción de los bosques tropicales y la excesiva pesca oceánica. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró que 2,700 millones de personas sufrirían una severa escasez de agua hacia el 2025, si el consumo se mantuviera en los niveles actuales.

Ante este escenario, los investigadores y académicos pueden quedarse de brazos cruzados, o bien, plantear implementaciones novedosas, que ayuden a mejorar esta situación. Es preciso conocer el escenario, pues presenta elementos importantes de tomar en cuenta: crecimiento acelerado de la población mundial de más de 6,000 millones actualmente y a cerca de 9,000 millones en el 2050; solo un 1% del total del agua se aprovecha actualmente para el consumo, el riego y usos industriales.

“*En todo el planeta, diversas agrupaciones y empresas trabajan por resolver el complejo problema del agua; algunos reviviendo técnicas ancestrales y otros aplicando tecnologías del siglo XXI.*”

Ante esta situación, el Departamento de Investigación en Zeolitas, del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla en México, tomó conciencia de que en todo el planeta, diversas agrupaciones y empresas trabajan por resolver el complejo problema del agua; algunos reviviendo técnicas ancestrales y otros aplicando tecnologías del siglo XXI. Eso sí, todos con el objetivo de aprovechar con la máxima eficiencia cada gota de agua y con la convicción de aplicar soluciones locales e incentivos económicos en sus campañas de conservación.

Es incuestionable el desperdicio de agua dulce en el planeta, en particular en la agricultura, actividad que representa el 70% de su uso. Es urgente aprovechar con mayor eficiencia cada gota de agua, ya que a medida que crece la población mundial y aumenta la demanda de alimentos, el riego no controlado plantea una seria amenaza a ríos, humedales y lagos.

Las aguas subterráneas cumplen una función muy importante y en numerosos casos vital para el suministro de agua potable a muchas regiones urbanas y rurales del mundo. En México, el abastecimiento mediante aguas subterráneas tiene un papel fundamental para todos los ámbitos de la vida. En algunos lugares las personas consumen en forma permanente agua contaminada con arsénico (As) y flúor (F), con niveles que ponen en riesgo su salud. Ambos son elementos permanentes en suelos, rocas, aguas naturales y organismos vivos. Su movilidad en el ambiente se debe tanto a procesos naturales como a actividades humanas. Las concentraciones de estos elementos en el agua subterránea, presentan niveles superiores a los establecidos por los organismos internacionales. Se conoce que la toxicidad de estos elementos es tal, que le causa efectos altamente dañinos a la salud cuando se ingiere mediante el agua para beber. La Organización Mundial de Salud (OMS) ha clasificado a los elementos arsénico y flúor como sustancias carcinógenas y los valores guía, establecidos por esta organización, se han reducido de 0.05 a 0.01 mg/L para el arsénico total y de 1.5 mg/L para el caso del flúor.

Para el arsénico en México la concentración establecida como máxima, permisible a partir del año 2005, es de 0.025 mg/L y para el flúor la cantidad es 1.5 mg/L.

## UNA RESPUESTA

Se desarrollan diferentes tratamientos para remover el arsénico y el flúor presente en aguas para uso y consumo humano, para los cuales se emplean sólidos porosos: arcillas y zeolitas (conjunto de minerales que comprenden silicatos aluminicos hidratados de metales alcalinos y alcalinotérreos). En general, los sólidos porosos son hoy en día de interés tecnológico y científico debido a su cualidad para interactuar con átomos, iones y moléculas, no solo en su superficie, sino también en su interior.

El peculiar orden estructural de estos sólidos porosos, los hace de gran utilidad como intercambiadores iónicos, tamices moleculares o catalizadores; además, debido a su bajo costo, son empleados en campos tan importantes como el de la descontaminación del ambiente, como materiales purificadores de agua o de aire.

Los sólidos porosos que actualmente se están aplicando en esta investigación, provienen de distintas fuentes localizadas en nuestra región del Estado de Puebla, México.

El objetivo principal de esta investigación consiste en obtener aguas de mejor calidad para el uso y consumo humano, aplicando materiales de procedencia natural que generen resultados satisfactorios, pero que a la vez su adquisición resulte de bajo costo; es decir, desarrollar un método purificador con tecnologías sustentables.

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPOS

Con base en los resultados de la etapa anterior, se diseñará un prototipo para el tratamiento de las aguas en los pozos de regiones que presenten problemas de contaminación con arsénico y flúor. Se prevé que este prototipo basará su funcionamiento en la capacidad de intercambio iónico y retención de metales pesados de las zeolitas naturales y modificadas, el cual es un eficiente método para tratar aguas contaminadas. Con tal fin, diseñará una planta piloto adecuada para este efecto, donde se seleccionará el comportamiento hidrodinámico más apropiado, así como las dimensiones y capacidades necesarias.

Además se planificarán novedosas estrategias de control, que permitan garantizar el funcionamiento óptimo del prototipo en diversas condiciones de operación: sobrecargas o disminución de sustratos de entrada y niveles de pH, entre otras.

Se implementarán las metodologías adecuadas para verificar el cumplimiento de la norma oficial mexicana, relacionada con la calidad del agua para uso y consumo humano, por cuestiones prácticas. El prototipo será diseñado a nivel de laboratorio. Al final del proyecto, se efectuarán pruebas bajo situaciones reales en los pozos seleccionados previamente. ■

## DIAGRAMA DE PLANTA ZEOLÍTICA

Para poder comprender este mecanismo se diagraman las etapas que se deben desarrollar, desde una fuente de agua contaminada con arsénico y flúor hasta llegar a agua limpia para el consumo y usos agrícolas e industriales.

