

## **DEMANDA: RADIATIVIDAD EN AGUA DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO EN ACUÍFEROS DE LA REPÚBLICA MEXICANA, SITUACIÓN ACTUAL Y SELECCIÓN DE ÁREAS DE ATENCIÓN PRORITARIA**

### **Antecedentes**

Disponer de agua en cantidad y calidad suficiente para el consumo humano es una de las demandas básicas de la población, pues incide directamente en su salud y bienestar en general. En México, de los 11.96 mil millones de m<sup>3</sup> de agua, utilizados para abastecimiento público, 7.22 mil millones de m<sup>3</sup> son de fuentes subterráneas, distribuidas en 653 acuíferos, de los cuales 106 fueron reportados en situación de sobreexplotación, 15 con intrusión marina y 31 bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas (CONAGUA, 2014).

Internacionalmente se reconoce ampliamente que para que el agua sea de calidad aceptable y pueda considerarse segura para su consumo, el contenido de componentes potencialmente contaminantes, deben ser inferiores a los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), o bien a los límites emitidos en cada país, de acuerdo a sus propias condiciones ambientales, sociales, económicas y culturales.

En la actualidad está bien documentado que la gran mayoría de los problemas de salud relacionados con el agua, se deben a la contaminación por microorganismos y en mucha menor medida a la contaminación química. No obstante, también deben tenerse en cuenta los peligros asociados a la presencia en el agua de consumo de radionúclidos, aunque su contribución a la exposición total de radionúclidos es generalmente muy pequeña en situaciones normales (OMS, 2011).

Los radionúclidos naturales están normalmente presentes en diferentes cantidades en el agua subterránea. Son liberados de rocas y minerales que conforman el acuífero, a partir de procesos químicos, de erosión y disolución, principalmente, como sucede con los cationes y aniones. Sus concentraciones varían ampliamente ya que dependen de la naturaleza del acuífero, la litología predominante e incluso si se presenta en condiciones aerobias o anaerobias en ellos, entre otros factores.

Un elemento radiactivo o radionúclido es aquel que natural o artificialmente es inestable y llegan a la estabilidad emitiendo radiación ionizante, que es energía en forma de partículas u ondas electromagnéticas. En el ambiente existen radionúclidos de origen natural como son el <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra, Rn y el <sup>40</sup>K y algunos otros como el <sup>3</sup>H y el <sup>14</sup>C, llamados cosmogénicos, los cuales son producidos por reacciones nucleares por la interacción indirecta de rayos cósmicos con los elementos de la atmósfera. También existen en la naturaleza radionúclidos artificiales como el <sup>137</sup>Cs o el <sup>90</sup>Sr que se han originado en el pasado por accidentes en reactores nucleares o ensayos nucleares.

Debido a que la exposición a la radiación en ciertas cantidades puede provocar daños en la salud de la población, es importante conocer si las concentraciones de radionúclidos existentes en el ambiente y sus variaciones, podrían repercutir en una exposición significativa a la población. Una de las vías de exposición a la radiación es mediante el consumo de agua y alimentos que contienen radionúclidos en ciertas concentraciones.

A nivel mundial se reconoce también la importancia de contar con mediciones confiables de las concentraciones de radionúclidos en el ambiente. Existen organismos

internacionales como el Comité Científico de la Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica (United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR, por sus siglas en inglés), que valora y publica estudios en varios países sobre los efectos de la radiación en los seres humanos.

Aunque si bien, los aspectos radiológicos en agua están regulados en México por la Secretaría Salud a través de la Modificación a la Norma Oficial Mexicana, NOM-127-SSA-1994, Salud Ambiental. Agua para Uso y Consumo Humano, Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe Someterse el Agua para su Potabilización, publicada en el Diario Oficial de la Federación en noviembre del año 2000, la información generada en el país es prácticamente inexistente. Además, dicha NOM está incompleta debido a que de acuerdo a las propias recomendaciones de la OMS, no es suficiente con fijar valores de referencia para los indicadores de radioactividad alfa y beta total sino que es necesario conocer en cantidad los radionúclidos individuales que la provocan.

Lo anterior es consecuencia de que la detección de niveles de radioactividad alfa y beta, superiores a los umbrales o límites regulados, no aseguran necesariamente que exista un peligro inmediato para la salud, por lo que es necesario realizar una investigación adicional para determinar qué radionúclidos son responsables de la radioactividad y los posibles riesgos existentes, teniendo en cuenta las circunstancias locales.

Desde el punto de vista de la investigación, en México se han realizado estudios sobre la presencia de radionúclidos en el país y la exposición a la población, particularmente su presencia en suelo, aire y agua de consumo humano. Sin embargo, a pesar del esfuerzo de estos grupos científicos (Reyes-Cortés, et al., 2012); Segovia, Gaso y Armienta (2007), la información aún es muy limitada y se requiere un estudio sistemático que permita obtener información de manera amplia y que abarque los principales estados de la República Mexicana.

Actualmente, la Subdirección General Técnica de la Comisión Nacional del Agua, lleva a cabo la medición y evaluación sistemática de calidad de los recursos hídricos del país, a través de la Red Nacional de Monitoreo, en la que, para el caso de las aguas subterráneas, tiene establecidos alrededor de 1,050 sitios de muestreo (pozos), repartidos en las 32 entidades federativas. Los parámetros que mide esta red corresponden a las características fisicoquímicas y microbiológicas.

Ante la deficiencia de conocimiento de la condición radiológica del recurso hídrico a nivel nacional, la existencia de la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua, particularmente la Red Nacional de Monitoreo de la CONAGUA, misma que no cuenta con personal y laboratorios especializados en la materia, requiere realizar una investigación a nivel nacional que permita conocer los niveles de radiactividad en agua subterránea.

Dicha investigación deberá realizarse con un enfoque completo, integrando la secuencia: presencia de radioactividad (indicadores alfa total y beta total), su origen (radionúclidos presentes), determinación del riesgo y posibles medidas de control. Además, requiere que mediante este estudio, se obtengan y formalicen las bases científicas que conlleven a localizar las áreas de atención prioritarias, a partir de la valoración de los riesgos, así como el conocimiento de la exposición a que potencialmente están sometidos los distintos grupos de la población. En consecuencia, la autoridad del agua podrá definir su gestión, cambios en la normatividad, políticas públicas y acciones preventivas, así como de protección a la población más vulnerable en el corto, mediano y largo plazo.

## Objetivos generales

1. Investigar los niveles radiactividad presentes en pozos distribuidos en acuíferos de la república mexicana, con énfasis en aprovechamientos utilizados como fuente de abastecimiento.

## Objetivos específicos

- a) Desarrollar el proceso metodológico para la ubicación de sitios, muestreo y análisis radiológicos en agua, así como el análisis de riesgo ambiental.
- b) Determinar los niveles de radiactividad total alfa y total beta en sitios de medición de la Red nacional de Monitoreo y en otros que se seleccionen con criterios específicos.
- c) Determinar el contenido de radioisótopos relevantes en aquellos pozos que rebasen los parámetros anteriores, tomando en cuenta los umbrales y criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud,
- d) Estimar la exposición en la población debido al consumo de esa agua y de otras fuentes para calcular el riesgo radiológico.
- e) Identificar las áreas de atención prioritarias.
- f) Determinar las acciones de prevención, control y remediación, en su caso, para disminuir la exposición a la población.

## Actividades

- a) Investigar el estado del arte sobre la medición de calidad del agua subterránea en cuanto al muestreo, métodos analíticos y regulación del contenido radiactivo, en México y en el mundo.
- b) Investigar los efectos a la salud asociados con la exposición a la radiactividad a través del uso y consumo de agua en México y el mundo.
- c) Definir la ubicación de los sitios de medición de parámetros radioactivos a partir de la distribución de la población, ubicación geográfica, consumo, hidrogeología, hidrogeoquímica, litología y otras características de los acuíferos de la república mexicana que determine la investigación documental.
- d) Realizar el muestreo y análisis de Radón y de radiactividad alfa y beta totales, potasio total (K), Sílica disuelta ( $\text{SiO}_2$ ), sólidos disueltos totales (SDT), temperatura del agua, conductividad electrolítica, potencial redox (ORP) y Radón, en dos ocasiones en muestras de agua provenientes de los sitios seleccionados en la actividad anterior.
- e) A partir de los criterios de la Organización Mundial de la Salud, en las muestras que presenten resultados por encima de los límites máximos sugeridos, realizar el

análisis de espectrometría de gamma y de radioisótopos relevantes, básicamente los de las cadenas radiactivas naturales, encabezadas por ejemplo por el  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  y el  $^{235}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  u otros que se consideren importantes desde el punto de vista de salud y apruebe la Conagua.

- f) Con los resultados de las mediciones de actividad alfa-beta de las muestras de agua, estimar el equivalente de dosis efectiva en la población debido al consumo de esa agua.
- g) A través de la estimación del equivalente de dosis efectiva, calcular el riesgo radiológico en la población debido al consumo del agua analizada.
- h) Llevar a cabo un análisis estadístico de datos de monitoreo de radiactividad alfa y beta total, en aguas subterráneas en México, utilizando herramientas que permitan identificar posibles similitudes y diferencias entre regiones geográficas.
- i) Elaborar mapas de riesgo de exposición humana a radiactividad, debido al uso y consumo de agua.
- j) Determinar a nivel conceptual las acciones de prevención, control y remediación para disminuir la exposición de la población expuesta.

### **Alcances**

- a) Los protocolos de muestreo y preservación de muestras deben estar basados en los establecidos por las normas ISO 5667-3 e ISO 5667-14.
- b) Análisis fisicoquímicos de pH en campo, potencial redox en campo, temperatura en campo y conductividad eléctrica en campo, sólidos disueltos totales, potasio total, sílica disuelta ( $\text{SiO}_2$ ) de 2,200 muestras de agua provenientes de 1,100 sitios de los acuíferos seleccionados en la República Mexicana, empleando métodos estandarizados aprobados por la CONAGUA. Debido a que son parámetros convencionales que se muestrean normalmente por la Red Nacional de Monitoreo, estas mediciones serán realizadas por la CONAGUA. Su determinación tienen el propósito de obtener la caracterización básica del agua del acuífero y llevar a cabo el análisis estadístico para determinar, en su caso, la correlación de parámetros. La concentración de potasio total se utilizará para corregir las mediciones de radioactividad, de acuerdo al criterio establecido por la OMS al respecto. Se menciona lo anterior, únicamente para el conocimiento de los participantes y para que no sean costeados en la propuesta en extenso.
- c) Análisis de Radiactividad Alfa y Beta Totales de 2,200 muestras de agua obtenidas por la CONAGUA provenientes de los acuíferos en la república mexicana, específicamente de los sitios de la Red Nacional de Monitoreo de la CONAGUA (700) y los seleccionados por este estudio (400). Debido a que estos parámetros están regulados por la NOM-127-SSA-1994 y están relacionados con aspectos de salud humana, estas mediciones deberán ser realizadas por un Laboratorio Acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. y Aprobado por CONAGUA por el método:

- a. Alfa Total y Beta Total por ISO 11704:2010
- d) *Screening* de Radón en campo en 400 sitios. Al no existir un método estandarizado, se debe utilizar alguno de uso común en campo con equipo que tenga una sensibilidad mínima de 10 Bq/L de agua. No es necesario que el laboratorio este acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación A.C., ni aprobado por CONAGUA. Este parámetro será considerado en la propuesta solamente si se presentan los argumentos científicos de la utilidad de su medición como parámetro indicador de mayores problemas asociados a fuentes radioactivas.
- e) En las muestras que presenten radiactividad alfa-beta en concentraciones mayores a los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud, se realizará un análisis exhaustivo mediante técnicas con reconocimiento internacional a fin de investigar el o los radionúclidos presentes y el posible origen de los mismos. Con el propósito de estimar los costos de estos análisis se asumirá que un 20% de las muestras (440) serán analizadas para determinar la presencia de radionúclidos . Debido a que se deberán desarrollar a través de investigación los protocolos de prueba para determinar los radionúclidos específicos que son la causa de la radiactividad alfa y beta presentes en estas muestras, no es necesario que el laboratorio participante este acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación A.C., ni aprobado por CONAGUA.

## **Entregables**

- a) Base de datos con los resultados de las mediciones de Radón, Radiactividad Alfa y Beta Total y de la caracterización de radionúclidos en las muestras analizadas.
- b) Base de datos y cinco licencias del paquete utilizado para realizar el análisis estadístico que determine la correlación entre parámetros y las similitudes como diferencias entre sitios y regiones investigadas.
- c) Protocolos de muestreo para los parámetros analizados, desarrollados en el formato de una Norma Oficial Mexicana.
- d) Protocolos analíticos de los parámetros analizados, desarrollados en el formato de una Norma Oficial Mexicana.
- e) Documento que describa detalladamente la metodología del análisis estadístico realizado y la estimación de riesgo radiológico en agua de consumo.
- f) Documento que describa la metodología detallada utilizada para la generación de los Mapas de riesgos de exposición humana a radiactividad por el consumo de agua por Organismo de Cuenca de la CONAGUA, acuífero y estado de la república mexicana.
- g) Informe final, el cual contenga además de lo anterior, posibles diferencias de exposición a la radiactividad mediante el consumo de agua, a la que están sometidos los distintos grupos de población en las diferentes zonas geográficas

de México

- h) Transferir mediante talleres y material didáctico la información; capacitación en los diferentes tópicos de estudio tales como análisis estadísticos y la metodología generada en cuanto a la radiactividad contenida en aguas subterráneas, los riesgos asociados a su consumo, así como para la elaboración de mapas de riesgo.

### **Mecanismos para la entrega de productos al sector**

Además de los Informes Técnicos que deberán ser entregados a la Secretaría Técnica del Fondo Sectorial al finalizar cada etapa y el Informe Técnico Final, se deberán entregar semestralmente al sector informes técnicos de avance, en extenso, en los formatos que éste indique a través del Secretario Administrativo del Fondo.

Las observaciones, que realice el sector, serán tomadas en cuenta para su observancia e inclusión en el informe final.

El sector podrá solicitar presentaciones de avances a través de los Secretarios Técnico y Administrativo del Fondo.

### **Duración**

24 meses

### **Usuarios de la información**

Subdirección General Técnica  
Dr. Víctor Hugo Alcocer Yamanaka

Gerencia de Calidad del Agua  
Ing. Enrique Mejía Maravilla  
[enrique.mejia@conagua.gob.mx](mailto:enrique.mejia@conagua.gob.mx)

Subgerencia de Estudios de Calidad del Agua e Impacto Ambiental  
Dr. Eric Daniel Gutiérrez López  
[eric.gutierrez@conagua.gob.mx](mailto:eric.gutierrez@conagua.gob.mx)