

**LA INVESTIGACIÓN EN GEOCIENCIAS: POR UN MAYOR IMPACTO  
EN BENEFICIO DE LA SOCIEDAD Y EN LA PLANEACIÓN DEL  
PAÍS. (11)**

<b>Exponentes</b>	<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>Sala</b>
Marcos Ortega	Jueves 25	9:00 – 10:00	Sala A

**Marcos Adrián Ortega Guerrero<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Blvd. Juriquilla No. 3001.  
Querétaro, 76230, México ([maog@geociencias.unam.mx](mailto:maog@geociencias.unam.mx)).

La presente ponencia tiene como objetivo destacar la importancia de la interacción directa de la investigación en Geociencias con las necesidades de la sociedad y la planeación del territorio a través de acciones de gobierno basadas en la investigación científica (aterrizada), con el fin de mejorar el ambiente y la salud de los mexicanos. La UNAM a través del Centro de Geociencias (CGEO) ha tenido la oportunidad de realizar trabajos de investigación que tienen como fin resolver problemas que aquejan a los habitantes del centro del país. La ponencia hace notar, a través de la descripción de algunos de estos trabajos, el impacto directo que tiene la interacción Geocientífico-Sociedad Civil-Autoridades-Gobierno. A continuación se describen dichos trabajos y sus efectos.

La Cuenca Alta del Río Laja, también conocida como Cuenca de la Independencia, en el estado de Guanajuato, con una superficie de 7,000 km<sup>2</sup> y una población cercana a los 500,000 habitantes, forma parte de la Cuenca Regional Lerma-Chapala en el centro de México (Figura 1). El agua subterránea es la principal fuente para el suministro de agua potable, la agricultura y los usos industriales. La extracción total de agua subterránea es del orden de 1,000 millones de m<sup>3</sup>/año, a través de cerca de 3,000 pozos, de los cuales aproximadamente el 85% es para la producción agrícola, principalmente dedicada a la exportación. El Lago de Chapala almacena cerca de 8,000 millones de m<sup>3</sup>, por lo que cada 8 años se extrae del acuífero de la Independencia el equivalente del volumen de este lago. La información hidrológica histórica en la cuenca mostró la existencia de numerosas corrientes, ríos y lagos en su interior, además de cientos de manantiales en las zonas montañosas y en las proximidades del Río La Laja. En la actualidad no hay escorrentía permanente en el río principal y la mayoría de los manantiales y ecosistemas asociados han desaparecido. El nivel freático en el acuífero se encuentra actualmente entre 100 y 200 m de profundidad con tasas decrecientes entre 2 m/año y 10 m/año, mientras que hace 60 años el nivel freático estaba cerca

de la superficie del suelo (Ortega, 2009). Las investigaciones para entender el movimiento del agua subterránea y su relación con los otros componentes del ciclo hidrológico –bajo el concepto de sistemas de flujo de agua subterránea (Tóth, 1999; Freeze y Witherspoon, 1967) –, realizadas entre 1998 y 2001, mostraron la presencia de elementos químicos disueltos, en concentraciones nocivas a la salud humana como el flúor (hasta de 20 mg/l con un límite permisible de 1.5 mg/l) y el arsénico (hasta 0.12 mg/l con un límite de 0.025 mg/l) entre otros, en un área de 500 km<sup>2</sup>; asociadas a la extracción excesiva del agua en el acuífero, que ha provocado la migración de agua termal, con tiempos de residencia de 10,000 a 35,000 años; el agua subterránea de menor edad ya se utilizó (Ortega, 2009).

Figura 1. UBICACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO EN EL INTERIOR DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA Y DEL ESTADO DE GUANAJUATO



El problema de contaminación regional y el progresivo agotamiento del acuífero se deben a una extracción excesiva de agua subterránea, donde el 50% de las concesiones de pozos agrícolas jamás debieron haberse autorizado. Esto implica un conocimiento y una gestión deficiente del agua subterránea y su relación con el ciclo hidrológico por parte de la Comisión Nacional del Agua (CNA o CONAGUA) (Ortega, 2009; Ortega, 2011; Carrillo-Rivera et al., 2016).

La concentración más alta de elementos disueltos en el agua de consumo humano corresponde con los municipios que tienen las incidencias más altas de enfermedades renales crónicas, trasplante renal y fluorosis dental, entre otras. En una muestra de cuatrocientos dos sujetos con una edad media de 15,7 ( $\pm 3,1$ ) años, 56,7% mujeres, en un estudio transversal que incluyó estudiantes de secundaria y

preparatoria, presentó una prevalencia de fluorosis del 93%, donde 52%  $\geq$ TF6 (fluorosis grave) (de la Fuente et al., 2016). Adicionalmente, estos autores concluyen que existe una asociación entre el tipo de agua consumida y la presencia de la fluorosis dental en la región. La tasa de mortalidad anual de Daño Renal Crónico (DRC) por cada 100,000 personas en Guanajuato en 2013 ha aumentado en 307.6% desde 1990, con un aumento promedio de 13.4% por año (GDB-HG, 2018).

Desde el punto de vista agrícola, que utiliza el 85% del agua subterránea, el aumento de la concentración de sodio está afectando la productividad del suelo, el crecimiento de los cultivos, limitando el tipo de riego, y en conjunto, provocando el abandono de miles de hectáreas de terreno agrícola (Ortega et al., 2002).

Adicionalmente, existen varias pruebas que demuestran la insostenibilidad del agua en el acuífero, que crean complejas interacciones socio-hidrológicas: las acciones humanas están perjudicando la capacidad de renovación a largo plazo de las reservas y flujos de agua dulce. El requisito básico de agua no se garantiza a todos los habitantes para mantener la salud humana, ni para restaurar ni para mantener los ecosistemas restantes. La calidad del agua no cumple con ciertos estándares mínimos en la mayoría de la cuenca. La planificación del agua y la toma de decisiones no son democráticas; el Consejo Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), que es una representación de los usuarios del agua, está controlado por agricultores con poder político; por lo tanto, limita la participación de otras partes y fomenta la participación directa de los intereses afectados. Los mecanismos institucionales de la CONAGUA no son capaces de prevenir y resolver conflictos acerca del agua; adicionalmente se observa que los datos sobre la cantidad, el uso y la calidad del agua no son accesibles para todas las partes, promoviendo una posible crisis en la gobernanza (Ortega, 2013). Los criterios de la CONAGUA para delimitar acuíferos y para conocer la cantidad del agua que ingresa al subsuelo como recarga, están basados en falsos principios, que durante décadas han generado problemáticas de salud y ambiental críticas (Ortega, 2009; Carrillo-Rivera et al., 2016).

Ante estas problemáticas en la cuenca, se han desarrollado diferentes propuestas encaminadas a una reducción progresiva de la extracción del agua subterránea, una de ellas es mejorar la estructura del suelo por medio de prácticas de conservación almacenando hasta el 95% del agua lluvia en la zona no saturada para la producción agrícola y adicionalmente para la adaptación al cambio climático y captura de carbono (Ortega 2009; Aguilar y Ortega, 2017). También ha sido imperante la transferencia del conocimiento científico a la sociedad y a los tomadores de decisiones a través de cursos y diplomados diseñados por áreas pedagógicas. Además de presentaciones en el Senado de la República donde se propusieron modificaciones a párrafos de artículos constitucionales, se realizaron diversos puntos de acuerdo, por medio de la participación en foros y congresos, así

como diversas reuniones de trabajo técnico para entender esta problemática y proponer soluciones en esta cuenca y otras en el país (Ortega, 2011)

Otro caso de la interacción de los Geocientíficos y la Sociedad es el problema de una comunidad rural con altas incidencias de cáncer de pulmón y mesotelioma (un tipo de cáncer que afecta la pleura) fue presentado al Centro de Geociencias en 2012, por la sociedad civil, las autoridades de salud y del municipio de San Miguel de Allende. Las investigaciones se enfocaron a identificar las posibles causas ambientales asociadas al problema de salud y proponer soluciones, para lo cual se realizaron estudios ambientales para nueve agentes carcinógenos potenciales del Grupo 1 por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC por sus siglas en Inglés). Los hallazgos sugieren una asociación entre el cáncer de pulmón y el mesotelioma maligno con la presencia del mineral erionita expuesto por procesos naturales y de degradación del ambiente; para lo cuál se propusieron varias alternativas de solución (Ortega y Carrasco, 2014; Ortega et al., 2015). En cuanto al tema del cáncer de pleura, se informó a la comunidad y funcionarios de salud sobre los resultados de la investigación. El sector salud fortaleció la vigilancia en la población. La sociedad obtuvo del gobierno estatal obras para el aislamiento del suelo con erionita, en escuelas, áreas comunes y caminos, aunque aún queda pendiente la reforestación de numerosas áreas. La proximidad de San Miguel Allende y la migración de erionita hacia la presa próxima a la ciudad son temas que deben considerarse en nuevas investigaciones, al igual que la implementación de obras y proyectos que expongan este mineral al ambiente.

De esta manera, se puede sugerir que la obligación fundamental del Geocientífico es la de investigar con el propósito de mejorar el nivel de vida de la población y del ambiente que lo rodea así como orientar a los funcionarios de gobierno con el mismo fin. Esto dentro de los niveles de calidad más altos de la investigación, que además incluyen la publicación de los resultados en revistas de prestigio nacional e internacional y la participación en congresos, incluyendo como actividad fundamental la transferencia de la información a la sociedad en general y muy en especial a los gobernantes en turno. Se propone que sea obligatorio vincular la ciencia a la toma de decisiones por parte de la sociedad y funcionarios de gobierno. Todo ello tendría implicaciones futuras en la prevención de enfermedades que permitirían: un mayor bienestar entre la población; ahorros importantes de dinero en el sector salud; una reducción del deterioro ambiental y una planeación más adecuada del territorio nacional.

## Referencias

- Aguilar-García Ramón y Ortega-Guerrero MA, 2017. Análisis de la dinámica del agua en la zona no saturada en un suelo sujeto a prácticas de conservación: Implicaciones en la gestión de acuíferos y adaptación al cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 34, núm. 2, p. 91-104.
- Carrillo-Rivera J, Peñuela-Arévalo LA, Huízar-Álvarez R, Cardona Benavídez A, Ortega-Guerrero MA, Vallejo Barba J, Hatch-Kuri G, 2016. Conflictos por el agua subterránea Capítulo 10. *Geografía de México, Una reflexión espacial contemporánea* (Coord. José Omar Moncada Maya y Álvaro López López). Instituto de Geografía.
- Freeze RA, Witherspoon PA (1967) Theoretical analysis of regional groundwater flow: 2, effect of water-table configuration and subsurface permeability variation. *Water Resour Res* 3(2):623–634.
- Ortega-Guerrero M. A., Javier Z. Castellanos, Ramón Aguilar G., Antonio Vázquez-Alarcón, Eduardo Alanís R., Carlos Vargas C. and Francisco Urrutia E. 2002. A conceptual model for increases of sodium, sar, alkalinity and ph at the independence aquifer in Guanajuato. *TERRA* vol. 20, no. 2.
- Ortega-Guerrero, M.A., 2009. Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 26, No. 1, P143-161.
- Ortega-Guerrero MA, 2011. Situación del agua subterránea en México: Una experiencia Científico-Legislativa y sus implicaciones. *Revista Punto de Acuerdo*. Fundación Humanismo Político A.C.
- Ortega-Guerrero, M.A, 2013. Unsustainability of water resources in the Upper Laja River Basin, Mexico: Social-hydrology interactions in a regional overexploited aquifer with increasing concentrations of fluoride, arsenic and sodium. Abstract, American Geophysical Union, AGU, País: México.
- Ortega-Guerrero M.A. and Carrasco-Núñez G., 2014. Environmental occurrence, origin, physical and geochemical properties, and carcinogenic potential of erionite near San Miguel de Allende, Mexico. *Environmental Geochemistry And Health*, 36:517–529.
- Ortega-Guerrero, M A, Carrasco-Núñez, Gerardo, Barragán-Campos, Héctor and Ortega, Martín R., 2015. High incidence of lung and pleural cancer linked to erionite fiber exposure in a rural community near San Miguel de Allende, Mexico: Epidemiological and environmental evidence, *Occupational and Environmental Medicine*, 72, 216-218.
- Tóth, J., 1999, Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes and manifestations: *Hydrogeology Journal*, 7(1), 1-14.