

El taller se llevó a cabo durante los días 2 y 3 de mayo en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, donde se buscó propiciar el intercambio y la discusión de planteamientos. El evento recibió el apoyo y la nutrida participación de instituciones¹ así como de público diverso. La iniciativa se tomó considerando preocupaciones coincidentes expuestas en investigaciones de diversas especialidades y fue impulsada por miembros de instituciones internacionales donde el tema se comienza a abordar a propósito de la toma de decisiones y orientación de política pública en el contexto del Cambio Climático, particularmente del panel Intergubernamental para el estudio del Cambio Climático y la Asociación Internacional de Hidrogeólogos.²

Así, los motivos para realizar el evento fueron dos: uno, la necesidad de hacer manifiesto que

la relación entre dos componentes ambientales como son el clima y el agua subterránea ha sido pocas veces explorada en México y, sin embargo, es fundamental; el segundo, que es preciso entender en qué sentido el vínculo manejo de suelo (urbano y rural)/agua constituye un factor crítico para el diseño de políticas públicas con visión de mediano y largo plazo. Esto es pertinente si se considera la vulnerabilidad cada vez más evidente en que se encuentran países como México³ ante la intensificación de la variabilidad climática natural (ondas de calor, lluvias intensas, sequías prolongadas) y producida (cambio climático). La condición de sequía severa en el norte de México, el crecimiento urbano formal/irregular de tendencia ilimitada/acelerada y la obligada búsqueda de medidas de adaptación y de gestión diferentes en el sector agua, vuelven imperioso que el sector académico, en conjunto con diversos actores clave, aborden las problemáticas y retos que involucran. Con este taller se intenta la búsqueda por integrar e impulsar un nuevo eje de investigación de carácter transdisciplinario (clima, sequía, agua subterránea, suelo) donde se genere formación e información, así como apertura de espacios que propicien el diálogo y la coordinación de acciones entre sociedad, academia y gobierno.

El taller contó con 40 participaciones orales y 10 pósters, además de dos videos. El carácter internacional del evento convocó a la exposición de resultados de investigación multidisciplinaria y

¹ Asociación Geohidrológica Mexicana, Capítulo México de la International Association of Hydrogeologists (Comisiones: Groundwater Outreach to Decision Makers y Regional Groundwater Flow), el Centro Interamericano de los Recursos del Agua del Estado de México, por la UNAM: el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, la Facultad de Economía (Área de Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable), el Instituto de Geografía y el posgrado de Geografía, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, el Instituto Nacional de Ecología, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, la Universidad Autónoma de Yucatán, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (Área de Ciencias de la Tierra), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Iztapalapa, así como otros grupos académicos. Y contó con el auspicio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), de la Asociación Nacional de Empresa de Agua y Saneamiento (ANEAS), la empresa Perfoparts, S. A. de C. V., y varios grupos académicos multidisciplinarios.

² A las cuales pertenecen los organizadores: Gabriela Ángeles Serrano, Joel Carrillo, Víctor Magaña (miembro del Panel Intergubernamental para el estudio del Cambio Climático), Dora Romero Olivera y Jacobo Villa.

³ De acuerdo con la delimitación climática de México, el 60% de la superficie del territorio está conformado por regiones áridas y semiáridas (con lluvias anuales promedio menores a los 200 y 500 mm, respectivamente). Una cantidad considerable de habitantes (cerca del 76% del total) habita en poblaciones ubicadas entre los 500 y 2 500 m de altitud sobre el nivel medio del mar, regiones donde se localiza la mayoría de las zonas áridas y semiáridas del país.

de frontera de diversas ramas a nivel nacional en su mayor parte, aunque se contó con la participación de análisis de España, Colombia, Estados Unidos y Marruecos. Se expusieron reflexiones generales, aspectos conceptuales y metodológicos, manejo de herramientas tecnológicas, estudios de caso y propuestas de manejo.

Las preocupaciones que captaron la atención a propósito de la relación clima, sequía y agua subterránea fueron: identificación y determinación de la infiltración y zonas de recarga de acuíferos; monitoreo y modelación meteorológica, hidrológica e hidrogeológica; exposición de panoramas histórico-conceptuales; descripción de sistemas hídricos o hidrológicos; modelos conceptuales, problemas, impactos y propuestas de manejo y políticas ante el crecimiento urbano; impactos al agua subterránea; medición de la dependencia y vulnerabilidad hidrometeorológica e hidrogeológica; propuestas de indicadores y modelos; caracterización física y social de problemáticas para la determinación de la disponibilidad y cuantificación de la demanda, y su diferenciación respecto a la determinación del agua asequible; alternativas de solución al problema del abasto; sistemas de creencias sociales, y modelos conceptuales de agua subterránea e impacto solar.

A la vez, las discusiones del taller se centraron en los siguientes puntos: *i)* en cambio climático no hay aún modelación en sentido estricto, sólo planteamiento de escenarios a través de diversas opciones hipotéticas establecidas por el Panel Intergubernamental para el estudio del Cambio Climático; *ii)* el balance hidrológico tal como se aplica para conocer la cantidad de agua existente en el país, ha producido los resultados negativos observados desde la década de los setenta, en el ámbito internacional su aplicación aislada ha quedado fuera de modelos recomendables y asequibles; *iii)* se enmarcó la necesidad de establecer un modelo de manejo del agua con base en el conocimiento de su funcionamiento como sistema; *iv)* la falta de entendimiento en el uso de palabras con definiciones diversas y arbitrarias, y *v)* la actualización, por parte de los tomadores de decisión, de los temas mencionados en los puntos anteriores.

El desarrollo de programa incluyó: *a)* la exposición de referentes científicos; *b)* el abordaje de

la relación entre el clima y el agua subterránea; *c)* la difusión de nuevas conceptualizaciones, metodologías, instrumentos para la modelación y la elaboración de indicadores; *d)* La discusión en torno a la disponibilidad de información y el uso de marcos conceptuales parciales y sus efectos, y *e)* la exposición de propuestas de políticas públicas y el consenso de planteamientos.

Como punto de partida fue necesario caracterizar y diferenciar los tipos de sequía (meteorológica, hidrológica, agrícola o social) y más importante aún, explicar la sequía meteorológica a partir de mecanismos que controlan el clima. Al respecto se indicó: *a)* los océanos Pacífico y Atlántico modulan periodos de sequía o lluvias intensas; *b)* la variabilidad de muy baja frecuencia (décadas) de la temperatura de superficie resulta en anomalías en los flujos de humedad que llegan a México produciendo contrastes en las precipitaciones norte sur en esas escalas de tiempo. Así, periodos de sequía en el norte de México son correspondientes con lluvias en el sur por encima de la media. Condiciones de lluvias por encima de la media en el norte, tienden a coincidir con lluvias deficitarias en el sur de México y Centro América.

Se concluyó que el conocimiento de los mecanismos que controlan la sequía meteorológica prolongada abre la posibilidad de pronosticar periodos de sequía y con ello planear muchas de las actividades económicas con requerimientos hídricos importantes. Considerar la información de manera correcta y oportuna evitaría la pérdida de millones y la afectación a importantes sectores socioeconómicos (Magaña y Caetano, 2007).

En el mismo sentido se expusieron varias relaciones entre climatología e hidrogeografía para explicar la precipitación y su distribución, la influencia de la temperatura marina en la formación de ciclones tropicales y su aportación para las lluvias en el territorio nacional, en particular para zonas donde resulta muy benéfica la presencia de ciclones tropicales. Concluyéndose que esta información es clave no sólo para la prevención, sino para la planeación.

Un elemento que genera gran incertidumbre en materia de cambio y variabilidad climática en relación con el agua, es qué tipo de impacto

generará este proceso en las condiciones del agua subterránea en general, considerando no sólo que es la única o principal, la más simple e importante fuente de abastecimiento en países como México, en su mayor parte con condición árida/semiárida, sino la reserva estratégica para luchar contra los impactos del cambio climático, los problemas de sequía y contaminación del agua superficial.

Al respecto, fue importante conocer las implicaciones en la evolución de la ciencia hidrogeológica. Se planteó que en sus inicios el interés se centró en la unidad acuífera considerándola como el medio físico que almacena y permite la transferencia de agua de la zona de recarga hacia una de descarga. Recientemente el concepto acuífero ha sido complementado por la teoría de sistemas de flujo (Tóth, 1999) de agua subterránea, la cual permite identificar sistemas de flujo locales, intermedios y regionales. Esto implica que el agua subterránea puede viajar de una unidad acuífera a otra unidad acuífera o más, localizada arriba o abajo de la formación. Lo anterior tiene trascendencia en: *a)* la interpretación del marco geológico para la conceptualización de acuíferos en zonas áridas y semiáridas estableciendo congruencia entre los estudios hidrológicos, hidrogeoquímicos, etc. (Carrillo, 2000); *b)* la interpretación y evaluación de problemas, en particular la diada abatimiento/"sobreexplotación", el funcionamiento y relación entre la cuenca superficial y la profunda; la escala para determinar la recarga, la estimación del almacenamiento, y la información e interpretación correcta de los registros de pozos; *c)* la importancia de identificar zonas de descarga; *d)* el empleo de indicadores superficiales (suelo, vegetación, elevación topográfica, etc.) útiles para la determinación de zonas de recarga y descarga, y *e)* el control de calidad del agua obtenida por pozos y la preservación de ecosistemas. De manera que en un escenario de reducción en la precipitación, los retos en el mediano y largo plazos deben diferenciarse. Así será más crítica la situación para ciudades y ecosistemas que se abastecen directamente de la precipitación, o de agua subterránea proveniente de precipitación recientemente infiltrada. En el largo plazo, las condiciones serán más críticas para ciudades que se abastecen con agua infiltrada en cuencas lejanas.

Si bien la componente menos comprendida dentro del ciclo hidrológico es el agua subterránea, resulta extremadamente crítico si ante las presiones macroestructurales (comercio internacional, cambio climático y crecimiento urbano), realmente no sabemos cuánta agua subterránea es asequible, cuánta se consume, cuánta fluye en el subsuelo y qué riesgo de contaminación existe. Al respecto se expuso de manera general y mediante documentación de casos que el manejo de suelo se ha vuelto pieza estratégica dentro del abanico de las políticas públicas territoriales. En particular, hubo coincidencia en señalar que grandes proyectos urbanos y específicamente el crecimiento desorganizado de vivienda son causa de vulnerabilidad hídrica –presión en el abasto de agua, manejo no planeado del agua subterránea e intensificación de la extracción– (Jackeman *et al.*, 2005) y de diversos impactos hidrogeológicos (grietas, hundimientos, alteración del sistema hidrológico agua superficial-agua subterránea) que han significado empobrecimiento y extraordinarios costos. Las políticas de ordenamiento territorial y urbanización no sólo regulan esta situación, sino que la alientan. Al mismo tiempo, la factibilidad hidráulica favorece el crecimiento disperso, lo cual significa que el modelo de extracción y distribución como sistema de abasto ha priorizado el bombeo frenético y el traslado de impactos ambientales a cuencas distantes. Se expusieron varias propuestas conceptuales y metodológicas para plantear el problema y ofrecer soluciones; asimismo, se documentaron algunas iniciativas para la captación y conservación del agua subterránea.

Entre los temas que generaron mayor polémica y discusión se encuentran: los problemas en las estadísticas y monitoreos oficiales, la asequibilidad y el manejo inadecuado de la información (información meteorológica, estadísticas del agua), la estimación de la recarga y la necesidad de realizar trabajos multidisciplinarios considerando los retos que plantea el lenguaje técnico y su cruce con el político/administrativo (en particular los conceptos de disponibilidad, sobre-explotación, estimación de demandas, manejo de cuenca, etc.), así como los riesgos en asumir como verdades supuestos y términos de uso común. En particular hubo consenso

respecto a la cuestión de la evapotranspiración potencial diaria y mensual estimadas mediante ecuaciones simples recalibradas, las cuales aunque son de gran utilidad en agronomía, no lo son para la elaboración de estudios de balance hídrico.

La diversidad de trabajos enriqueció la visión del problema e hizo patente la necesidad de un diálogo entre especialistas, donde se incorpore una visión multidisciplinaria considerando críticamente las metodologías, evitando caer en el paradigma naturalista de los desastres y eventos meteorológicos extremos, así como en el síndrome *hidroezquizo-frénico* producto de modelos de desarrollo del agua insostenibles.

Aún falta mucho camino por recorrer para traducir este conocimiento a políticas públicas. El ejercicio llevado a cabo en este taller permite plantear otros elementos que han quedado fuera de la discusión en foros donde cada problema es abordado de manera separada. Se puede considerar que los análisis son representativos de diversos aspectos, sin embargo, aún existe una asimetría en la integración de conocimientos. Es preciso profundizar y discutir diversos planteamientos. Y en el aspecto del manejo de la sequía es necesario integrar soluciones agua superficial-agua subterránea, y contar con documentación y soluciones a nivel local congruentes con una visión regional.

El uso adecuado de información climática sería de suma utilidad para la planeación evitando grandes pérdidas económicas, sólo si se saben interpretar datos y pronósticos climáticos considerando la escala de variabilidad y los mecanismos que controlan la sequía, sin embargo, es obligado para un país árido-semiárido como México reconocer los impactos al agua subterránea. Y eso sólo es posible si se incorporan los avances de la ciencia hidrogeológica, la cual va más allá de la interpretación hidráulica de la respuesta en pozo al considerar sistemas de flujo asociados a ecosistemas. La *sequía social* en realidad alude a una condición estructural, pues prácticas irregulares de cambio de usos de suelo, presiones de ordenamientos territoriales y modelos

insostenibles de abastecimiento de agua generan inviabilidad del desarrollo.

La sequía meteorológica actual debe considerarse como una alerta para llevar a cabo cambios que de todas maneras deberán tomarse, aunque a mayores costos. Este taller propone más difusión y capacitación no sólo a los tomadores de decisiones como una medida urgente, sino a técnicos, científicos y actores clave involucrados en el manejo del agua. En ese sentido se prevé por parte de este grupo de trabajo organizar más talleres y foros en torno a las ideas, problemáticas y soluciones convocadas por este taller.

REFERENCIAS

- Carrillo Rivera J. J. (2000), "Application of the ground-water-balance equation to indicate interbasin and vertical flow in two semi-arid México", in *Hydrogeology Journal*, no. 8, pp. 503-520.
- Jackeman, A. R. A. Letcher, S. Rojanasoonthon, S. Cuddy and A. Scott (2005), *Integrating knowledge for river basin management*, Progress in Thailand Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Magaña V. y E. Caetano (2007), Pronóstico *drainage basins*, climático estacional regionalizado para la República Mexicana como elemento para la reducción de riesgo, para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del sistema: cambio climático por estado y por sector, Technical report, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México [<http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2007o.pdf>].
- Tóth, J. (1999), "Groundwater as a geologic agent: an overview of the causes, processes, and manifestations", in *Hydrogeology Journal*, no. 7, pp. 1-14.

Dora Romero Olivera

Área Economía de los Recursos Naturales y
Desarrollo Sustentable
Posgrado de la Facultad de Economía
Universidad Nacional Autónoma de México