

Hidrología

Eduardo Grael Castro



Laguna interior en dos distintas épocas del año. (Fotos: E. Grael)



Yucatán es uno de los pocos estados de la República Mexicana que no tiene problemas de abastecimiento de agua para satisfacer sus demandas, merced a las características de su subsuelo y a sus condiciones climáticas.

En Yucatán no existen corrientes superficiales (ríos, lagos...), salvo cuerpos de agua temporales, debido a las características del subsuelo cárstico, por lo que la única fuente de abastecimiento de agua potable para las distintas actividades de la sociedad es el agua subterránea, receptora, a su vez, del agua de desecho que se genera en el estado.

El subsuelo se encuentra formado por calizas de diferentes características y depósitos de litoral y tiene un espesor promedio de 150 m. En acuíferos cársticos, como el nuestro, la alta conductividad hidráulica es una combinación de la permeabilidad primaria de la roca, el grado de fracturamiento, los conductos de disolución y la alta precipitación pluvial (Back y Lesser, 1981; Reeve y Perry, 1990). La disolución de la roca carbonatada ocurre según el contenido de carbonato de calcio y la acidez del agua de lluvia; fenómeno conocido como carstificación, el cual propicia que el almacenamiento y el movimiento del agua subterránea se presente a través de la red de cavidades interconectadas con fracturas, conductos de disolución, oquedades y cavernas localizadas a diferentes profundidades (Villasuso y Méndez, 2000).

Debido a las condiciones geológicas imperantes el acuífero es considerado como libre, excepto en una franja estrecha paralela a lo largo de la costa (Perry y otros, 1995). Esta delgada capa (0.5 a 1.40 m de espesor) se extiende a lo largo de los 250 km de costa y en una franja de 2 a 20 km de ancho.

Este extenso caliche costero es prácticamente impermeable con una porosidad menor a 1%, y actúa como una barrera que impide el movimiento del agua subterránea hacia el mar.

El agua subterránea se mueve de las zonas de mayor precipitación -ubicadas al sur del estado- hacia las costas, dispersándose hacia el noroeste, noreste y norte, donde se realiza la descarga natural del acuífero rumbo a Celestún, Dzilam de Bravo y San Felipe; ahí aflora a manera de ríos y fluye hacia las lagunas costeras de estas poblaciones, alimentando de paso a los esteros y lagunas costeras. Investigaciones recientes han demostrado que la presencia del anillo de cenotes le confiere al acuífero propiedades hidrogeológicas especiales: una alta descarga de agua subterránea en las regiones donde el anillo intercepta la costa; y la presencia de diferentes medidas de niveles piezométricos en las regiones de adentro y fuera del anillo (Perry y otros, 1995; Steinich y Marín, 1996).



Vista aérea de dos cenotes. (Foto: E. Grael)

Los flujos preferenciales de agua ocurren principalmente en aquellos horizontes del acuífero que están fracturados y/o carstificados. Asimismo, existe una correlación entre las direcciones de máxima conductividad hidráulica y las orientaciones del desarrollo preferencial de las cavidades de disolución (Sánchez y Pinto, 1999). La profundidad al nivel freático o del agua varía desde 8 m al norte de la sierra de Ticul, 15 m al pie de la misma, hasta pocos metros en el litoral costero; lo que ocasiona un gradiente hidráulico extremadamente bajo de 5-10 mm/km (Marin y otros, 1987). En Mérida, el agua dulce es de aproximadamente 40 m de espesor, sobreyaciendo a agua de mayor contenido de sales que el agua marina actual (Graniel y otros, 1999).

Es importante considerar que, si bien la recarga supera con mucho la extracción del acuífero de manera que cuantitativamente no existen conflictos, sí se registran problemas y se han incrementado paulatinamente respecto a la calidad del agua subterránea en las costas. Los casos de intrusión salina observados en el nororiente y en el resto del acuífero, debido a las extracciones excesivas de agua dulce que provocan el ascenso de agua salada subyacente, han obligado a las autoridades a restringir en algunos casos los abastecimientos permisibles en el litoral.

La recarga de origen pluvial es del orden de 9% de la precipitación media anual en las inmediaciones de Mérida (BGS y otros, 1995). La evaporación potencial media es de 2255 mm/a. Las pérdidas de agua, que incluyen la evapotranspiración, interceptación por la vegetación y retención en el terreno y en la zona vadosa, representan 80% de la precipitación anual (SARH, 1989). Las variaciones naturales en la disponibilidad del agua pueden deberse tanto a los efectos de la estacionalidad que está regida primordialmente por los eventos de precipitación pluvial, como a variaciones en la distribución espacial y disponibilidad del agua que es dependiente de la profundidad y tipo de suelo.

Las siguientes estimaciones: una diferencia entre el volumen de agua que precipita sobre el estado y el volumen de agua evapotranspirada de 6988.4 Mm³, un volumen de agua anual por descarga natural comprometida de 4659.0 Mm³, un volumen concesionado por las autoridades a los diversos usos del agua de 547.0 Mm³ y un volumen de extracción estimado de 420.8 Mm³ (CNA, 1997), permiten determinar que la disponibilidad media anual de agua para el estado de Yucatán es de 1361.6 Mm³, lo que hace un volumen por habitante de aproximadamente 900 m³.

Sin embargo, esta gran disponibilidad de agua se ve afectada por los problemas de calidad: la permeabilidad del subsuelo hace que el acuífero sea más vulnerable a la contaminación propiciada por la disposición de descargas de aguas residuales y fosas sépticas, aguas pluviales y otros factores como lixiviados de tiraderos de basura municipales y de lagunas de oxidación al subsuelo.

En estas condiciones, se estima que podrían bombearse anualmente del acuífero unos 1000 Mm³ sin producir efectos perjudiciales a largo plazo, siempre y cuando los pozos sean adecuadamente distribuidos, diseñados y operados. A pesar de esta conservadora estimación, la disponibilidad de agua resulta mucho mayor que la demanda prevista a largo plazo.

En Yucatán el agua subterránea se extrae por medio de miles de aprovechamientos (18 467). Ubicados la mayoría en las porciones norte, oriental y sur poniente del estado, extraen un volumen de 856 436 839 m³ al año. Las norias o pozos excavados o someros son los más numerosos, representan el 53% del total, y extraen entre 1 y 5 lps, principalmente para uso agrícola, doméstico y abrevadero. También se utilizan algunos cenotes que extraen entre 10 y 30 lps. En menor número se registran los pozos profundos con profundidades de entre 40 y 100 m, con un gasto del orden de 50 lps en promedio. Este volumen de agua permite cubrir la demanda de los diversos sectores: agrícola, industrial, público urbano y otros tipos de usuarios. Uno de los problemas para obtener un registro más confiable del número de aprovechamientos y el volumen de agua que se extrae en el estado es el hecho de que muchos propietarios de pozos no los registran ante las autoridades. Especialmente en los últimos años se ha incrementado el número de pozos que se utilizan para pequeñas industrias, llenar piscinas o regar jardines particulares.

El principal problema sobre el recurso hídrico que se presenta en el estado es el incremento de la contaminación del acuífero. La contaminación tiene dos orígenes: antropogénico, debido a la falta de alcantarillado, fosas sépticas mal construidas o mal diseñadas y fecalismo al aire libre; y natural, debido a la intrusión salina en la franja costera del estado y la presencia de yesos en el subsuelo en algunas áreas del sur.

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación se debe a las características del subsuelo cárstico, las cuales determinan que la lluvia se infiltre rápidamente y arrastre cualquier sustancia que se encuentre en la superficie del terreno. En la mayor parte del estado, el efluente doméstico o aguas de desecho se descargan al subsuelo por medio de tanques sépticos y pozos someros abandonados, debido a la falta de un sistema de drenaje sanitario. El agua pluvial es vertida al acuífero por medio de pozos de absorción de 15-18 m de profundidad, lo que va incrementando lentamente los índices de contaminación, principalmente en la ciudad de Mérida. Algunos de los problemas que ocasionan la degradación de la calidad del agua son:

- Vulnerabilidad del acuífero.
- Bancos de materiales pétreos que afloran el manto freático o sascaberas, utilizados como sumideros o tiraderos de basura.
- Fecalismo al aire libre en el medio rural.
- Infiltración en pozos pluviales.
- Inexistente o insuficiente tratamiento de las aguas residuales de la industria.
- Fosas sépticas con baja eficiencia (alrededor de 130 mil en Mérida con descargas al acuífero).
- Disposición inadecuada de residuos sólidos.
- Aplicación en el medio rural de fertilizantes y pesticidas no autorizados; fugas en gasolineras; residuos de peleterías; y tiraderos de aceites.
- Afectaciones por el paso de huracanes que provocan cuantiosas pérdidas económicas y dañan la infraestructura de tratamiento.
- Eventual riesgo de afectación del acuífero por ingreso de sustancias contaminantes.
- Intrusión salina en pozos costeros por diseño inapropiado y mala operación.