

## 1. INTRODUCCIÓN

La parte principal de un análisis de los acuíferos transfronterizos es por lo general la evaluación de su situación hidrogeológica. En este trabajo se describen los principales pasos de una metodología para la evaluación de los acuíferos compartidos internacionalmente en principio, la aplicación de los métodos hidrogeológicos es el mismo para los acuíferos nacionales que internacionales. Pero a nivel internacional son más específicos de los procesos de clasificación y zonificación de los acuíferos. El principal desafío técnico es la comparación de los datos y la armonización a través de la frontera. Los no técnicos son los principales retos relacionados con otros aspectos de orden tradicional, como la situación socio-económica y política en la región fronteriza.

En este último orden, a nivel global, la mayoría de los países comparten acuíferos o sistemas acuíferos con sus vecinos. Diferencias políticas, socio-económicas y culturales entre los países, entre otros factores, hacen que la evaluación y gestión de los acuíferos internacionalmente compartidos sea aún más difícil comparado con los que no los son. El poco conocimiento acerca de los acuíferos transfronterizos y la falta de una gestión coordinada puede acarrear cambios no deseados en el flujo de las aguas subterráneas, su nivel, volumen y sustancias disueltas. Por lo tanto, una evaluación adecuada de éstos es requerida para prevenir o mitigar los problemas de las aguas subterráneas y de igual manera mejorar los beneficios obtenidos de las mismas (Collins, 2009).

En la actualidad se viven tiempos donde la sociedad y sus asentamientos humanos se ven afectados por fenómenos meteorológicos que van desde sequías en unas partes, hasta lluvias intensas en otras, los cuales provocan escasez de agua en las primeras e inundaciones en las segundas.

La población de Agua Prieta es el núcleo urbano mas importante del área de estudio, se localiza en una zona semi-desértica y el acuífero del cual se abastece de agua cuenta con un recurso hídrico que es el resultado de una recarga local y semiregional de agua renovable en un periodo corto de años. Por esta razón es sumamente importante el conocer primeramente las dimensiones del acuífero, así como todos los parámetros de piezometría, geoquímica del agua, hidráulica, etc., -lo que permitirá determinar la manera en que este acuífero funciona, es decir, de dónde, cómo -y cuándo recibe la recarga el acuífero. Además este acuífero es transfronterizo y se comparte con el vecino estado de Arizona de los Estados Unidos de Norteamérica; del lado mexicano, el límite administrativo coincide con los límites de la cuenca orográfica que en este trabajo se denomina "subcuenca Agua Prieta" con una superficie de 1,444 km<sup>2</sup>, mientras que del lado norteamericano, coincide con los límites de la cuenca orográfica conocida como Sulphur Spring Valley que cubre una superficie de 2,448 km<sup>2</sup> (Towne, 1999), para un total entre ambos de 3,892 km<sup>2</sup>. En el presente trabajo se estudio solo la información de la parte sur de la cuenca en donde se ubica el acuífero administrativo Río Agua Prieta.

A escasos 10 años, en la mayoría de los acuíferos de nuestro país se tenía un nivel de conocimiento de escaso a casi nulo, y es a partir de entonces que se empezaron a realizar estudios en los 63 acuíferos del estado de Sonora, principalmente por la Universidad de Sonora (UNISON), Servicio Geológico Mexicano (SGM) y por empresas de la iniciativa privada, entre ellas Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente (IDEAS),

auspiciados por la Comisión Nacional del Agua (*CONAGUA*), lo cual ha contribuido a empatar el conocimiento de los acuíferos del lado sur de la frontera, con la información con que se cuenta en los Estados Unidos de Norteamérica.

### **1.1 Objetivo**

El presente trabajo tiene como objetivo principal detallar en línea base la hidrogeología e hidrogeoquímica del acuífero Río Agua Prieta, mediante la aplicación de diversas herramientas con las que se fue integrando la información superficial y del subsuelo hidrológica y geológica que permitiera definir las características de la cuenca y del relleno sedimentario que determina este acuífero en sus límites naturales.

### **1.2 Metodología**

El conjunto de métodos de trabajo que integran la metodología de esta tesis utiliza los principales pasos de una metodología para la evaluación de los acuíferos compartidos internacionalmente por tanto, el presente trabajo se efectuó en cuatro etapas principales:

- investigación bibliográfica
- análisis e integración de información
- actividades de campo
- gabinete

La primera se desarrolló visitando las bibliotecas de la Universidad de Sonora y de la Universidad de Arizona localizada en Tucson, así como a las diferentes instituciones gubernamentales de los tres niveles como son el Servicio Geológico Mexicano (SGM), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Comisión Estatal del Agua (CEA), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Organismo Operador de Agua Potable de Agua Prieta (OOMAPAS). La información recopilada se analizó y se integró en un sistema de información geográfica (SIG) con diferentes niveles de información como: geología, registro público de derechos de agua (REPDA) e imagen topográfica, lo cual sirvió para planear las diferentes actividades de campo. La tercera etapa consistió de siete períodos de campo en un lapso de 30 meses, donde se censaron un total de 89 aprovechamientos, entre pozos, norias y ríos, recolectando datos de piezometría y nivelando 10-brocales con estación total; así mismo se realizaron cinco pruebas de bombeo para determinar los parámetros hidráulicos del acuífero. Para la gravimetría se realizaron 438 estaciones de observación gravimétrica, levantando con estación total cada punto de observación para controlar la altura; y por último se muestrearon 24 aprovechamientos y cuatro corrientes superficiales para un total de 28 muestras en dos etapas, una en temporada de lluvias y otra en temporada de estiaje. La etapa de gabinete se desarrolló parcialmente y paralelamente a las actividades anteriores teniendo su etapa plena una vez que concluyeron los trabajos de campo y consistió en analizar, interpretar, discutir, revisar y definir los resultados de este trabajo hasta obtener su escritura final.

### **1.3 Estudios previos**

Entre los principales trabajos está el de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), hoy conocida como Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), que realizó en el año de 1980 el estudio: "*Informe de Estudio*

*Geohidrológico Preliminar en el área de Nogales-Agua Prieta, en el Estado de Sonora* a través de la empresa Geoexploraciones y Construcciones, S.A., en el cual se ejecutaron 30 Sondeos eléctricos de resistividad, de los cuales 26 se realizaron en el valle de Fronteras (perteneciente al acuífero Río Fronteras), y 4 en la zona del Río Santa Cruz. La profundidad de investigación fue de 300 a 500 m.

También se tiene otro estudio efectuado en 1983, titulado: "*Informe Preliminar de los Servicios de Prospección Geohidrológica en la zona de San Bernardino en el Estado de Sonora*", el cual fue realizado por la empresa: Geólogos Consultores, S.A. En este estudio, se realizaron 30 sondeos eléctricos verticales de resistividad para investigar a una profundidad de 300 m. De estos sondeos, 5 se llevaron a cabo en la zona del acuífero Río Fronteras, y los 25 restantes se distribuyeron en las zonas de Agua Prieta, Cuquiárichic, Ejido 18 de Agosto, y en la carretera a Agua Prieta – Janos.

Además se tiene el Estudio Hidrológico del Estado de Sonora, editado por el INEGI (1993).

Además de estos estudios, se tiene la información generada por INEGI en sus cartas topográficas a escala 1:50 000 como son: Naco (H12-B34), Agua Prieta (H12-B35), Cuauhtémoc (H12-B44) y Peralta (antes El Progreso, H12-B45); así como la carta Agua Prieta (H12-3) a escala 1:250,000, y la carta de hidrología superficial Agua Prieta clave H12-3 a escala 1:250,000.

Por otra parte, García-Cortez, (2001) del Servicio Geológico Mexicano (SGM) antes Consejo de Recursos Minerales generó la cartografía geológico-minera y geoquímica a escala 1:250 000 de la carta Agua Prieta H12-3.

En el 2005, la UNISON genera el Atlas de Aguas Subterráneas para la CONAGUA. Y la empresa IDEAS realizó para un particular el Estudio regional de evaluación hidrogeológica del acuífero Río Agua Prieta, Mpio. de Agua Prieta, Sonora, que fue validado por CONAGUA para su publicación en el Diario Oficial de la Federación como la Disponibilidad de aguas subterráneas del acuífero administrativo.

#### **1.4 Localización y vías de acceso**

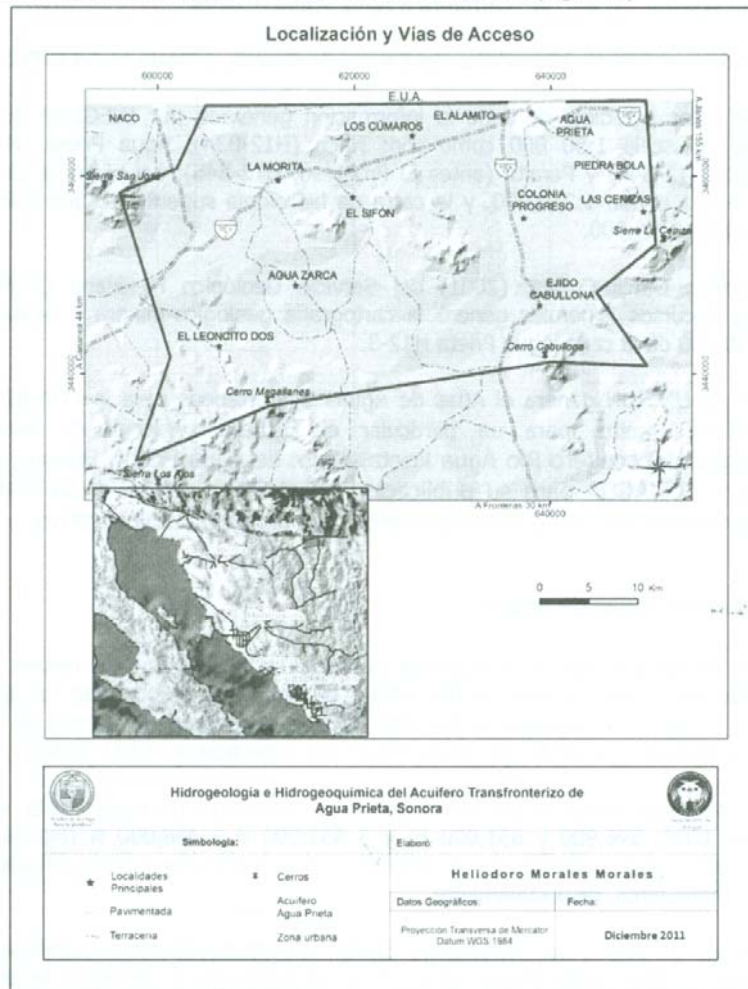
El Municipio de Agua Prieta, cuya cabecera municipal es la población del mismo nombre, está ubicado en la porción noreste del estado de Sonora y colinda con los siguientes municipios: al norte con Arizona, al sur con Bavispe y Nacozari de García, al este con Chihuahua y Bavispe, y al oeste con Naco. Posee una superficie de 3,631.65 km<sup>2</sup>.

El acuífero Río Agua Prieta se encuentra dentro del municipio de Agua Prieta, entre las coordenadas UTM: 596,900 y 651,000 E; y 3´431,000 y 3´468,000 N (Figura 1). Las localidades con mayor población en el acuífero son: Agua Prieta y Ejido Cabullona, con 54,681 y 51 habitantes, respectivamente.

La principal vía de acceso con Hermosillo, capital del estado, es por la carretera Federal No. 15 hasta la población de Ímuris, de donde se continúa por la carretera federal No. 2 hasta la ciudad de Agua Prieta, pasando antes por la población de Cananea. Una vía

alterna es la carretera federal No.14, que comunica a la capital del Estado con la ciudad de Agua Prieta, pasando por las poblaciones de Ures, Moctezuma, Nacozari, Cumpas, Esqueda y Fronteras. Dentro del área de estudio se cuenta con varios caminos de terracería que comunican a Agua Prieta con los ejidos y ranchos dentro del acuífero.

Los límites administrativos del acuífero Río Agua Prieta, el cual tiene un área de 1,426.11 km<sup>2</sup>, son establecidos por la CONAGUA: al oriente con el acuífero Arroyo San Bernardino, al sureste con el acuífero Batevito (Batepito), al sur con el acuífero Río Fronteras, al suroeste con el acuífero Río Bacoachi y al este con el acuífero Río San Pedro. Tiene como límites naturales a los cerros Gallardo y La Ceniza al oriente, al cerro Cabullona y Magallanes al sur, al suroeste a la sierra Los Ajos, al occidente a la sierra San José, y al norte la línea fronteriza con los Estados Unidos de América. (Figura 2)



**Figura 1. Localización y vías de acceso del acuífero Río Agua Prieta.**

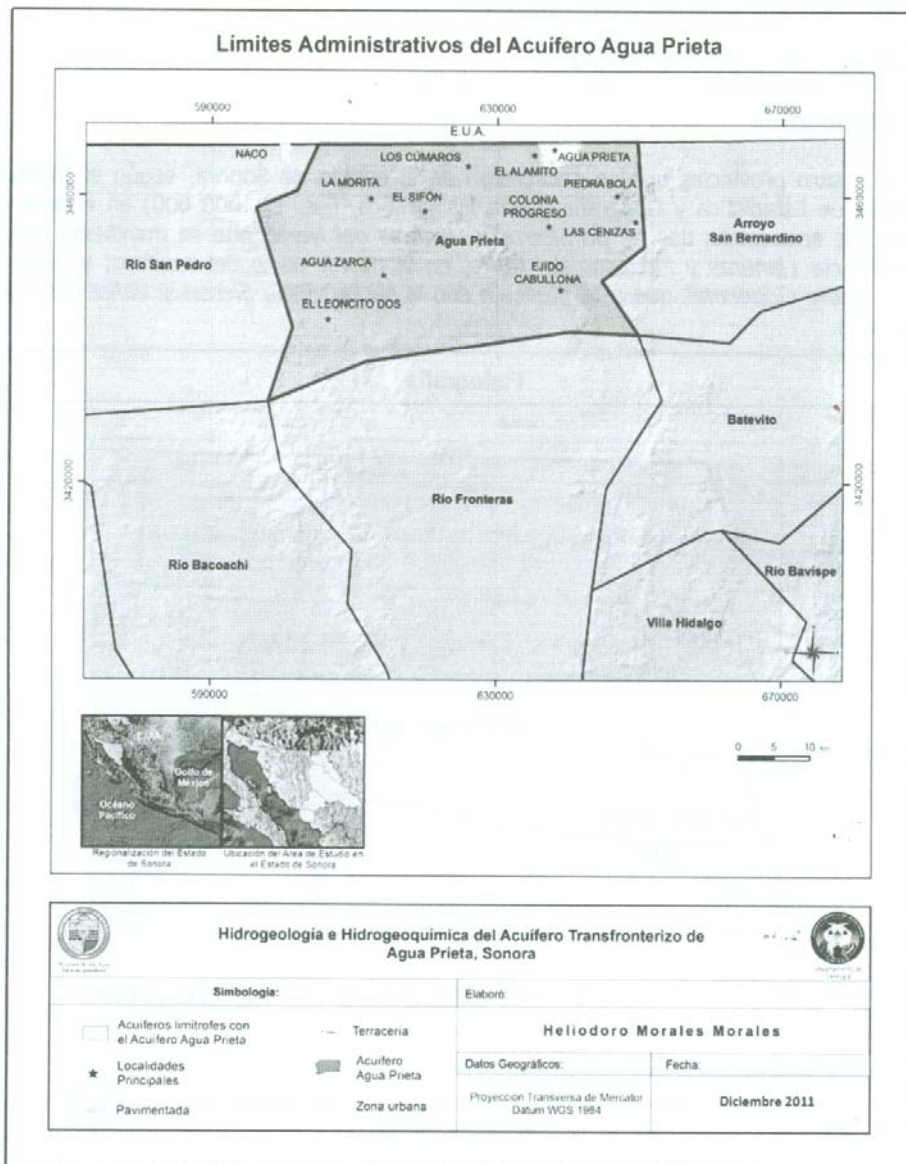


Figura 2. Límites administrativos del acuífero Río Agua Prieta.