

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

ACUERDO por el que se dan a conocer los estudios técnicos del acuífero El Hundido en la zona de Cuatrociénegas, en el Estado de Coahuila.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CRISTOBAL JAIME JAQUEZ, Director General de la Comisión Nacional del Agua, órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones III, XXIII, XXIV y XLI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 2o., 4o., 9o. fracciones I, V, IX y XVI, 12 y 38 de la Ley de Aguas Nacionales; 1o., 14 fracciones I y V, 73 y 77 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales; 1o., 2o. fracción XXXI inciso a), 40, 41, 42 fracción VIII, 44 y 45 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

CONSIDERANDO

Que el artículo 4o. de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento establecen que corresponde al Ejecutivo Federal la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, quien la ejercerá directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua.

Que la Comisión Nacional del Agua expidió, con fundamento en la fracción XII del artículo 9o. de la Ley de Aguas Nacionales, la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del Recurso Agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, misma que fue publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 17 de abril de 2002 y cuyo objetivo es establecer el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y subterráneas, para su explotación, uso o aprovechamiento.

Que con base en dicha norma el 31 de enero de 2003 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, el Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización, acuerdo dentro del que se comprende el acuífero 0506 El Hundido.

Que al ser deficitaria la disponibilidad de agua en dicho acuífero se procedió a la realización de los estudios técnicos a que se refiere el artículo 38 de la Ley de Aguas Nacionales, a fin de contar con los elementos que permitan determinar si se configura alguna de las causas de interés público, previstas por dicho precepto.

Que en cumplimiento de lo establecido por el artículo invocado y el diverso 73 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales se promovió para la realización de dichos estudios, la participación de los usuarios a través del Consejo de Cuenca del Río Bravo.

Que el día 7 de marzo de 2003 del presente año, los representantes del valle El Hundido manifestaron tener conocimiento de dichos estudios.

Que en virtud de las consideraciones expuestas, he tenido a bien expedir el siguiente:

ACUERDO POR EL QUE SE DAN A CONOCER LOS ESTUDIOS TECNICOS DEL ACUIFERO EL HUNDIDO EN LA ZONA DE CUATROCIENEGAS, EN EL ESTADO DE COAHUILA

ARTICULO UNICO.- El presente Acuerdo tiene por objeto dar a conocer el resultado de los estudios técnicos practicados respecto del acuífero denominado El Hundido, mismo que se ubica en la zona de Cuatrociénegas, en el Estado de Coahuila.

ESTUDIO TECNICO

1. Descripción del valle El Hundido

El área de interés se ubica en el Estado de Coahuila en la confluencia de dos municipios colindantes entre sí: Cuatrociénegas y San Pedro de las Colonias, ver tabla 1.

La extensión territorial de estos municipios alcanza 16,040 km² equivalente al 10% de la superficie del Estado y a poco menos de 1% de la superficie del territorio nacional.

Tabla 1.- Superficie Municipal

Municipios	Superficie km ²	% vs. Estado*
Cuatrociénegas	9,740	6
San Pedro	6,300	4
Total	16,040	10

* Superficie del Estado 151,600 km².

Las colindancias de este acuífero se muestran en la tabla 2:

Tabla 2.- Colindancia con otros acuíferos

Acuífero	Colindancias de El Hundido con otros acuíferos			
	Norte	Sur	Este	Oeste
El Hundido	Laguna El Coyote y Cuatrociénegas	La Paila y Principal-Región Lagunera	Valle de San Marcos	Las Delicias

* El nombre del acuífero corresponde a la publicación del **Diario Oficial de la Federación** del 5 de diciembre de 2001.

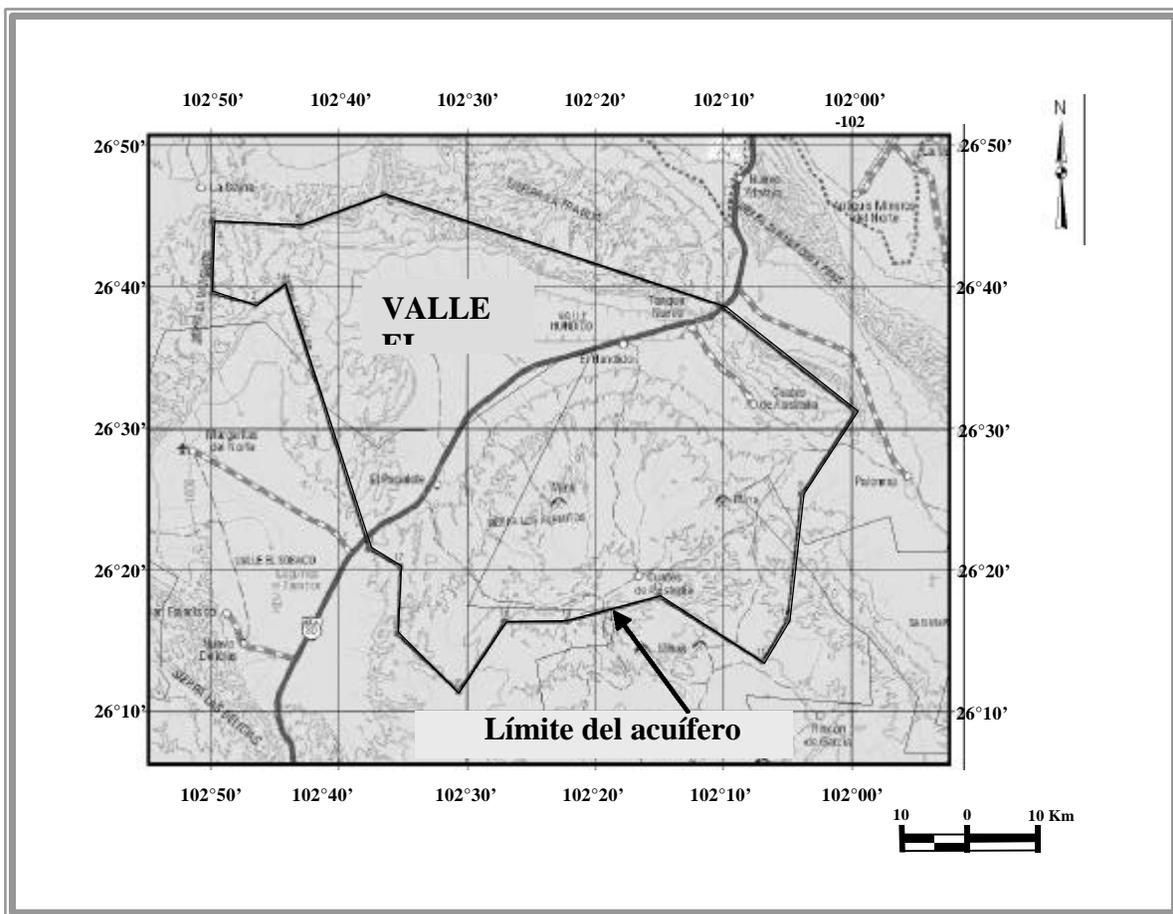


Figura 1. Delimitación de la poligonal

Los datos sobre la poligonal (figura 1) que define la superficie del acuífero se detallan en el Anexo 1.

1.1. Localización

El valle El Hundido se localiza en la porción centro-meridional del Estado de Coahuila entre los paralelos 26°00' y 26°50' de latitud norte y entre los meridianos 101°55' y 102°50' de longitud oeste.

Está comprendida en la Región Hidrológica del Bolsón de Mapimí (RH-35), ver figura 2. Tiene extensión superficial aproximada de 3,509 kilómetros cuadrados (km²); de esta superficie, 854 km² corresponden a porción plana o valle, y los 2,655 km² restantes, a su porción montañosa.

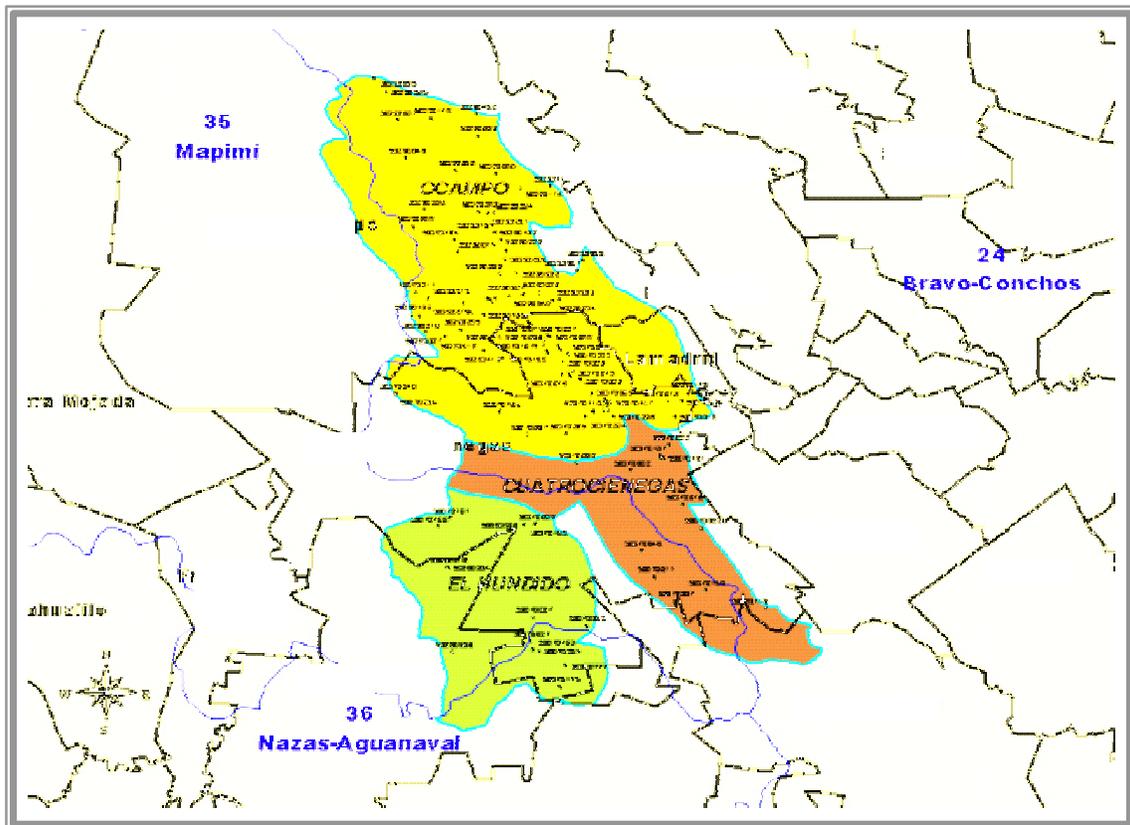


Figura 2. Localización del acuífero

1.2. Clima

El clima de la región se clasifica como desértico con escasas lluvias en verano, con temperatura promedio anual de 18.2°C a 21.4°C. La precipitación promedio anual registrada en la estación Santa Teresa de Sofía es de 157 mm y en la estación Cuatrociénegas es de 230 mm, con una evaporación potencial promedio anual registrada en esta última de 2,128 mm.

1.3. Fisiografía

El acuífero de que se trata se localiza en la Provincia Fisiográfica de Sierras y Cuencas, Subprovincia Plataforma de Coahuila (Erwin Raíz, 1964). El valle El Hundido es una llanura orientada Este-Oeste, de

suave pendiente topográfica concéntrica, con elevaciones entre 880 m.s.n.m. y 1,000 m.s.n.m. El valle está limitado al norte por la Sierra de La Fragua y al sur por la Sierra de Alamos; en su porción central se forman lagos intermitentes y humedales.

2. Caracterización socioeconómica

2.1. Población

Según el censo de población y vivienda del año 2000 (INEGI), la población total de los municipios de San Pedro de las Colonias y Cuatrociénegas era de 100,497 habitantes. El crecimiento poblacional es incipiente: según las tasas de crecimiento del CONAPO, la población de ambos municipios aumentará a 114,602 habitantes en el año 2025. La densidad de población es de 14.02 y 1.23 hab/km², respectivamente, mucho menores que la media nacional (49.4 hab/km²) y que la media estatal de Coahuila (15.12 hab/km²), ver tabla 3.

Tabla 3. Proyección de la población total

Municipios	Población					
	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Cuatrociénegas	12,154	12,334	12,516	12,702	12,890	13,080
San Pedro	88,343	90,834	93,396	96,030	98,738	101,522
Total	100,497	103,168	105,912	108,732	111,628	114,602

En el valle El Hundido, la población eminentemente rural, en ese año era apenas de 1,075 habitantes, distribuidos en 12 localidades. Se estima que en el año 2025, la población ascenderá a 1,166 habitantes, ver tabla 4.

Tabla 4. Proyección de la población rural de El Hundido

Acuíferos	Número localidades	Población					
		2000	2005	2010	2015	2020	2025
El Hundido	12	1,075	1,093	1,111	1,129	1,148	1,166

2.2. Aspectos socioeconómicos

El Índice de Población Económicamente Activa (PEA) por kilómetro cuadrado en los municipios de San Pedro de las Colonias y Cuatrociénegas es de 3.68 y 0.71; mientras que en el Estado de Coahuila es de 5.64, y en el ámbito nacional es de 18.03. El Producto Interno Bruto (PIB) de ambos municipios representa apenas el 5.2% del indicador estatal, y el 0.2% del indicador nacional.

La escasez natural y el aprovechamiento inadecuado de los recursos agua y suelo, implica presión y competencia por su uso, con el consiguiente impacto negativo sobre la población. Como consecuencia de lo anterior, la población de estos municipios presenta un grado creciente de desintegración social, que se refleja en los cambios en el equilibrio de los grupos de género y edad que la conforman. A su vez, estos cambios se derivan de la emigración hacia las ciudades fronterizas y hacia Estados Unidos, así como de la crisis de la industria siderúrgica y de las maquiladoras, especialmente las del área de Monclova.

En cuanto a las ramas de actividad, la producción agrícola de algunos cultivos, como los forrajes, se ha intensificado para cubrir la demanda de insumos de la industria lechera de la Comarca Lagunera, destacando la producción de alfalfa, frijol, sorgo, maíz, trigo y hortalizas. Se aprovechan al menos 33 especies de plantas, entre las cuales destacan mezquite, candelilla, orégano y lechuguilla, que generan beneficios de carácter precario y estacional; a pesar de esto, en algunos casos representan la única fuente del ingreso familiar. Hay una modesta actividad ganadera (ganado bovino, caprino, ovino, equino, porcino y aves) para autoconsumo.

No hay desarrollo industrial y los servicios disponibles se relacionan con la compraventa de productos agropecuarios.

Por lo que toca a los servicios básicos existentes, los municipios de San Pedro de las Colonias y Cuatrociénegas, se consideran de bajo índice de marginalidad; en el valle El Hundido los servicios son restringidos. En el medio rural hay un promedio de cinco habitantes por vivienda; en su mayoría, éstas son de dos habitaciones y únicamente un 64% cuenta con electricidad.

2.3. Régimen de propiedad

En esta región el régimen de propiedad y tenencia de la tierra estaba concentrado en las haciendas, a principios del siglo XX; sin embargo, en la década de los años treinta, se crearon gran cantidad de ejidos, los cuales se dedicaron a la agricultura y al aprovechamiento de la candelilla.

A finales de la década pasada, productores de la Comarca Lagunera empezaron a aprovechar grandes extensiones de terreno en la cuenca de El Hundido. Así, el régimen de propiedad social se ha modificado, ya que algunos ejidos como Tanque Nuevo, Santa Teresa de Sofía, Las Morenas y El Campizal, entre otros, han vendido a los productores de la Comarca Lagunera, extensas áreas de cultivo (aproximadamente 10,000 Has.).

3. Geología

La zona estudiada está comprendida en las provincias fisiográficas Región Montañosa de Coahuila y Sierra Madre Oriental. Presenta dos rasgos geomorfológicos principales: sierras y bolsones. Las sierras que limitan al valle El Hundido presentan forma cómica, derivada del plegamiento de las rocas calcáreas que las constituyen; su elevación varía entre 1,400 y 2,400 m.s.n.m. El valle tiene elevaciones de 800 a 900 m.s.n.m. y está limitado por las escarpadas sierras La Fragua y Alamitos (Australia), ver figura 3. Entre las sierras y el valle se han formado abanicos aluviales. En el centro de éste existen lagos intermitentes y humedales.

Dentro del valle El Hundido afloran rocas que datan del Cretácico al Cuaternario. Las más antiguas son las areniscas de la formación San Marcos, sobre las que descansan las rocas calcáreas de las formaciones La Virgen, Cupido, La Peña, Acatita, Aurora, Kiamichi, George Town y Buda del Grupo Washita y las formaciones Eagle Ford, todas ellas del Cretácico. Las rocas más jóvenes expuestas en el valle, son los sedimentos lacustres terciarios y los materiales aluviales del Cuaternario.

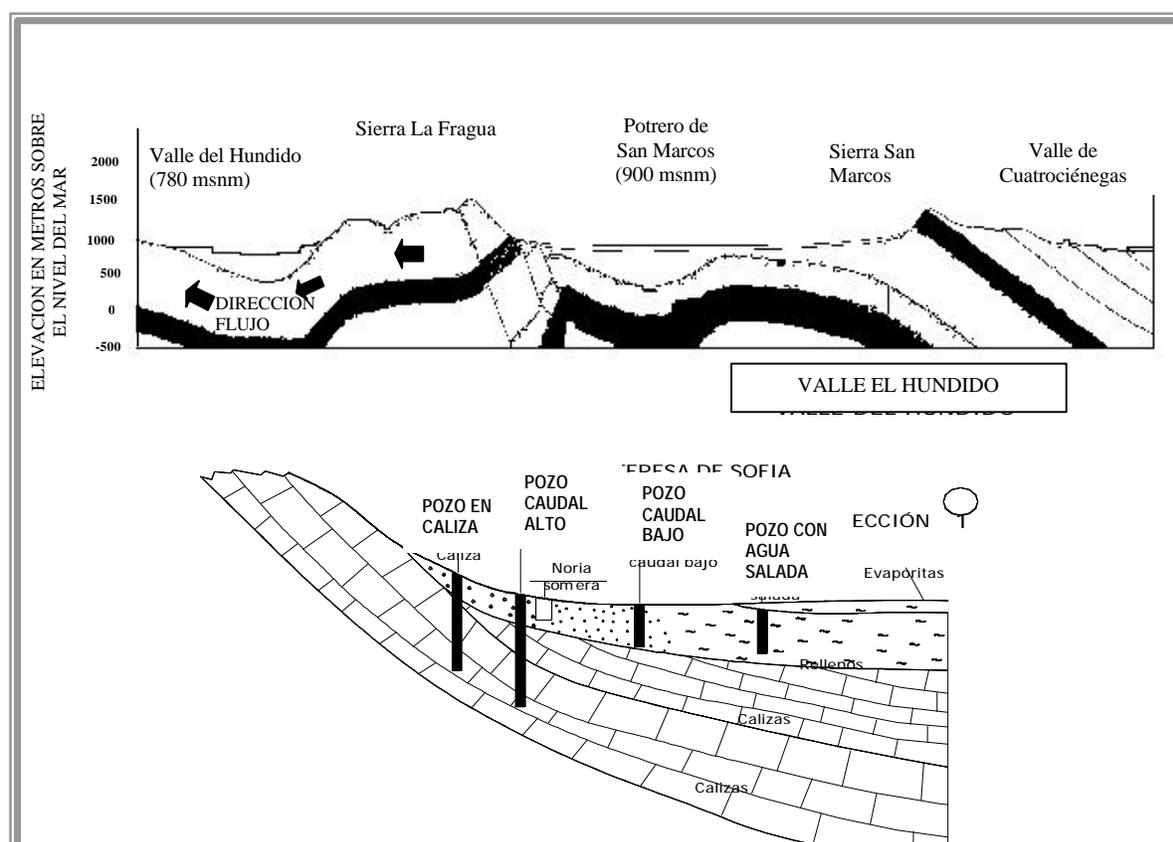


Figura 3. Descripción de las formaciones geológicas de la

Las calizas de las formaciones Aurora, Acatita, Georgetown y Buda presentan porosidad y permeabilidad secundaria, asociada con oquedades y conductos de disolución; las demás formaciones calcáreas -San Marcos, Cupido, La Peña, Del Río y Eagle Ford- se consideran prácticamente impermeables. Probablemente, existe comunicación hidráulica entre las calizas permeables y el aluvión del valle, a través de las fracturas de la formación Eagle Ford o de otras más antiguas que están en contacto directo con el aluvión, sobre todo en las áreas donde la erosión ha disminuido el espesor de ésta.

En cuanto a la geología estructural, las sierras que limitan al valle El Hundido están formadas por pliegues anticlinales, en que las formaciones impermeables quedan a elevaciones superiores que la superficie freática, de tal manera que el parteaguas superficial coincide con el subterráneo. Por esto, la cuenca también es subterráneamente cerrada, esto es, el acuífero El Hundido no tiene conexión hidráulica alguna con los acuíferos de la cuenca adyacente de Cuatrociénegas.

4. Hidrología superficial

El valle El Hundido es una cuenca endorreica o cerrada: las corrientes superficiales son generadas en las sierras, transitan por los abanicos formados en sus flancos y desembocan al valle. El régimen de las corrientes es transitorio y los escurrimientos, de corta duración, se infiltran en su mayor parte en los abanicos aluviales y a lo largo de los cauces. Las lluvias torrenciales generan escurrimientos relativamente caudalosos, que llegan hasta las partes más bajas del valle y forman humedales y lagos intermitentes, donde el agua se evapora dando lugar a la formación de rocas evaporíticas (yesos y anhidritas). A este proceso se debe la elevada concentración de sales en el agua subterránea.

5. Hidrogeología

5.1. El acuífero

Para fines de la administración del agua subterránea, en acuerdo publicado en el **Diario Oficial de la Federación** de fecha 5 de diciembre de 2001, se definió el acuífero o unidad hidrogeológica denominada El Hundido. Posteriormente, en acuerdo publicado en el **Diario Oficial de la Federación** de fecha 31 de enero de 2003, se dieron a conocer los límites y la información relativa a la disponibilidad de agua subterránea del mismo acuífero.

El acuífero se extiende en los municipios de Cuatrociénegas y de San Pedro. Comprende tanto al valle El Hundido, donde se encuentra su porción más favorable para el almacenamiento y la captación del agua, como a la porción montañosa de la cuenca, que es la principal zona receptora y transmisora de recarga. El valle está conformado por materiales aluviales dispuestos en estratos de geometría irregular y granulometría

variada; su espesor es de 100 a 150 m; en las montañas limítrofes está constituido por las calizas permeables que, a través de sus conductos de disolución y fracturas, transmiten el agua al relleno aluvial.

La frontera superior del acuífero es la superficie freática, cuya profundidad es de 10 a 20 m en el valle y se incrementa hasta 120 m en las estribaciones de las sierras. El basamento hidrogeológico está constituido por rocas calcáreas arcillosas de muy baja permeabilidad; sus fronteras laterales son: al poniente, la falla normal que disloca la Sierra de los Venados; al norte y oriente, la falla La Fragua o San Marcos, y al sur, el parteaguas de la Sierra Alamos-Australia, que separa las regiones hidrológicas Bolsón de Mapimí (RH-35) y Río Nazas Aguanaval (RH-36), ver figura 4.

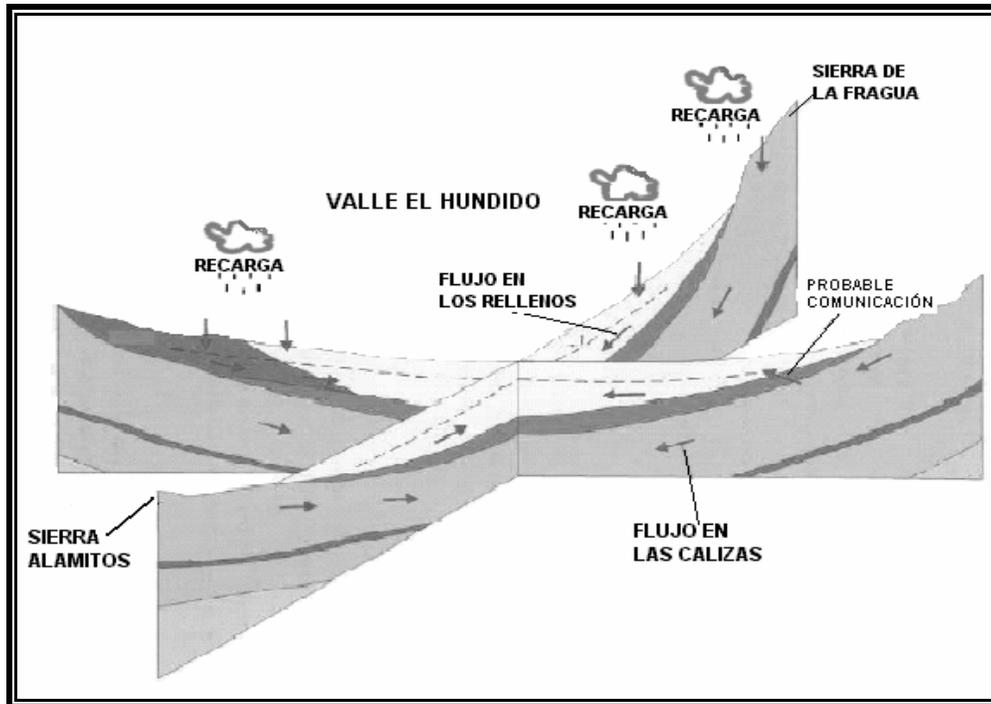
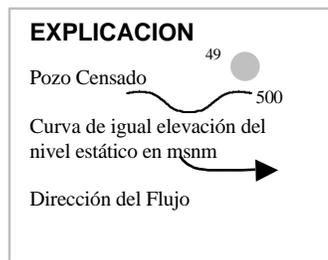


Figura 4. Sistema de flujo en el acuífero El Hundido

5.2. Niveles del agua subterránea

La profundidad a los niveles estáticos del acuífero variaba en el área entre 10 y 120 m entre los meses de septiembre y noviembre de 2001, aumentando de las porciones central y oriente del valle hacia los flancos de las sierras; originalmente, el nivel freático afloraba en los lagos y humedales. Ahora, en esta área los niveles freáticos se detectan a varios metros de la superficie, y en el sector donde están ubicados la mayoría de los pozos, a profundidades entre 20 m y 40 m. Los niveles más profundos, de 60 a más de 120 m, corresponden a pozos ubicados en los bordes del valle, ver figura 5.





Elevación del nivel estático y dirección del flujo subterráneo valle El Hundido, año 2001.

Figura 5. Flujo subterráneo en el acuífero El Hundido

En el valle, la elevación de los niveles estáticos del agua subterránea es de 780 a 800 m.s.n.m. y decrece de los bordes del valle hacia sus partes más bajas. Esta configuración confirma que en el subsuelo el agua infiltrada circula hacia la porción central del valle y que no hay flujo subterráneo hacia o desde cuencas adyacentes, a través de las sierras.

Los niveles freáticos del acuífero presentaron abatimientos medios anuales de 0.20 a 0.40 m en el lapso 1998-2001, correspondiendo los valores mayores a las localidades de Las Morenas y Santa Teresa de Sofía, donde se concentran las captaciones de agua subterránea, ver figura 6.

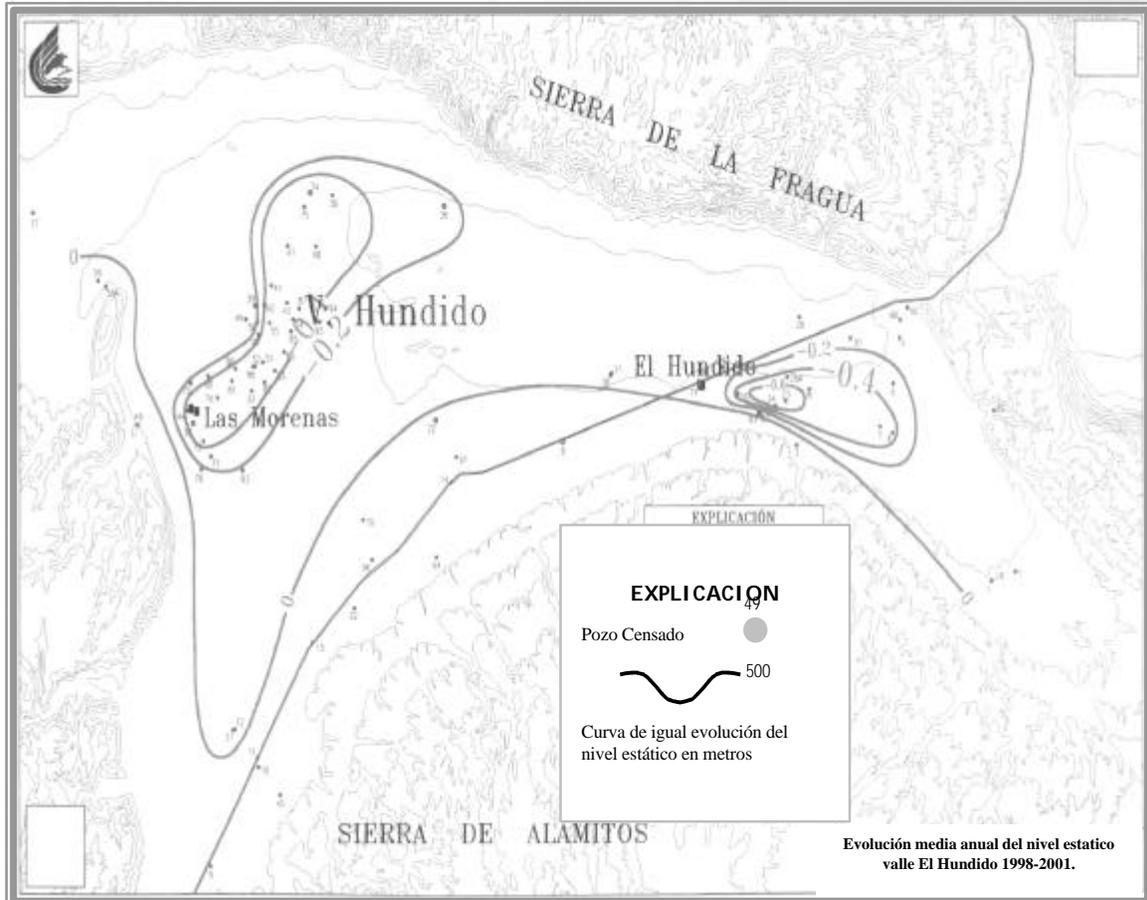


Figura 6. Abatimiento de los niveles del agua subterránea en el acuífero El Hundido

5.3. Recarga y descarga natural del acuífero

La recarga del acuífero es originada por la infiltración de la lluvia y del escurrimiento superficial en los afloramientos de caliza permeable, en los flancos de la sierra y a lo largo de los cauces. El agua infiltrada en las calizas es transmitida al relleno del valle, ver figura 7.

En el estado natural del acuífero, antes de que la extracción de agua subterránea fuera significativa, su descarga natural tenía lugar por evapotranspiración en los lagos y humedales permanentes formados en la porción más baja del valle.

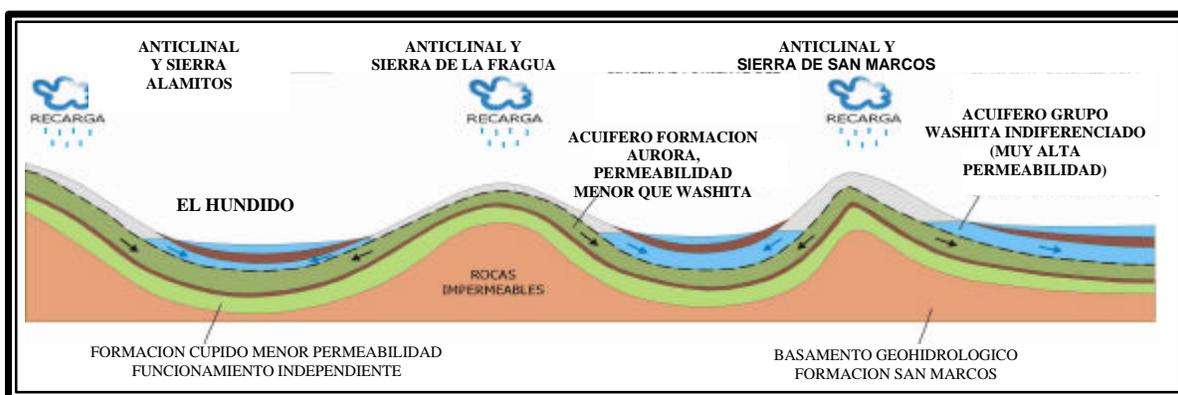


Figura 7. Sección esquemática de las zonas de recarga del acuífero El Hundido

5.4. Extracción de agua subterránea

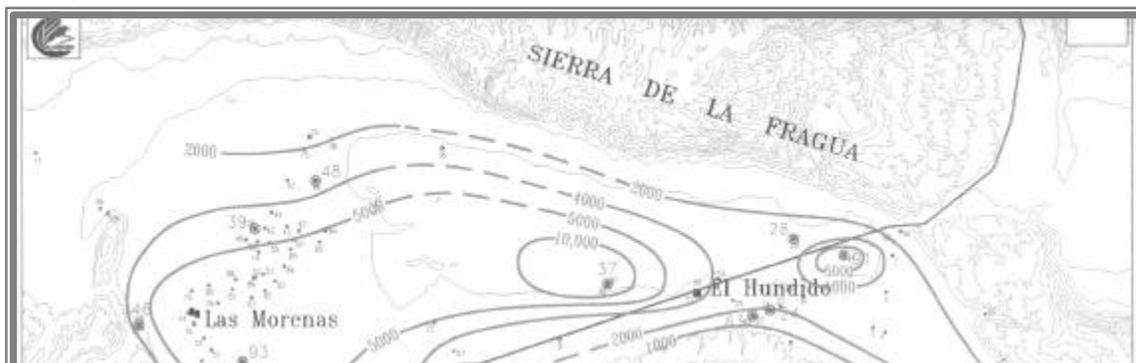
Como parte del estudio realizado en el año 2001, se censaron en el acuífero El Hundido 81 captaciones de agua subterránea (pozos y norias), de los cuales sólo 28 se encuentran activas. La mayoría de ellas están concentradas en las localidades de Las Morenas y Santa Teresa de Sofía, se operan con fines agrícolas y captan agua de la parte aluvial del acuífero, aunque algunos pozos más profundos en esta última localidad extraen el agua directamente de las calizas. Sus profundidades varían entre 10 y unos 200 m.

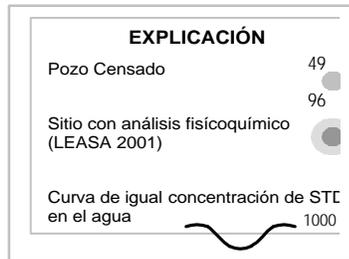
Los pozos extraen gastos entre 0.5 y 100 lps. Con base en gastos aforados y tiempos de operación, se estima que su volumen de extracción es de 21.87 millones de metros cúbicos por año ($\text{hm}^3/\text{año}$).

5.5. Calidad del agua

El agua del acuífero El Hundido es de mala calidad: su salinidad total varía entre poco menos de 1,000 y 5,000 partes por millón (ppm) de sólidos totales disueltos, aunque localmente se detectan valores mayores que 10,000 ppm. Las concentraciones más altas se registran en la porción baja del valle; las menores corresponden al agua de pozos localizados en los bordes del valle y revelan que la recarga del acuífero se genera, principalmente, en los flancos de las sierras.

Los iones disueltos que predominan en el agua subterránea son el calcio y el sulfato, lo cual se atribuye a la circulación del agua a través de las rocas calcáreas (calizas, yesos y anhidritas) y de los sedimentos derivados de ellas; la concentración de los demás iones principales también es elevada, fuera de las normas de calidad. Esta composición química es una consecuencia de la evaporación que, en condiciones naturales, tenía lugar en las porciones bajas del valle.





Sólidos totales disueltos en ppm
valle El Hundido

Figura 8. Distribución de la salinidad del agua subterránea en el acuífero El Hundido

Debido a su salinidad, en la mayor parte del valle el agua no cumple las normas de calidad para consumo humano y tampoco es apta para la agricultura -conforme a la clasificación de Wilcox es de tipo C4-S1-; aunque se le utiliza con ciertas restricciones, en el riego de cultivos tolerantes a las sales en terrenos arenosos, ver figura 8. Esta práctica ha propiciado un mayor ensalitramiento de los terrenos y el incremento de la salinidad del agua, con la consiguiente disminución del rendimiento de los cultivos, ver tabla 5.

Mediante la determinación del contenido de los isótopos Deuterio y Oxígeno 18 en muestras de agua obtenidas en pozos del valle El Hundido y en las pozas de la zona adyacente de Cuatrociénegas, se han diferenciado tres grupos de agua, ver figura 9. El primero corresponde al agua muestreada en las calizas de El Hundido; el segundo, al agua que brota en las pozas de Cuatrociénegas, y el tercero, al agua captada en el relleno aluvial del valle El Hundido. La diferente composición isotópica de los tres grupos de agua, demuestra, sin lugar a dudas, que el agua de las pozas de Cuatrociénegas no tiene relación alguna con el acuífero de El Hundido.

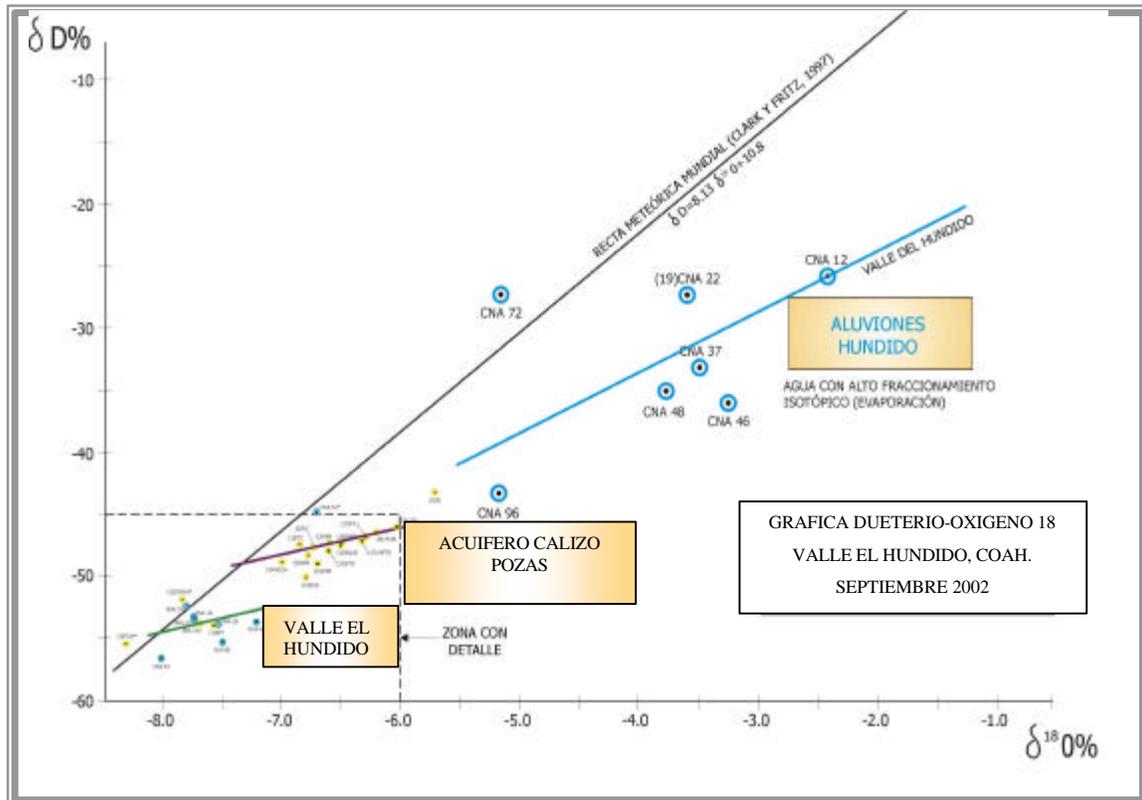


Figura 9. El contenido isotópico de las cuencas de El Hundido y de Cuatrociénegas

Tabla 5. Resumen de calidad del agua

Zona	Cloruros (mg/L)	Sulfatos (ppm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)
Valle El Hundido	50-300	500-2,000	2,000-5,000

5.6. Disponibilidad media anual

5.6.1. Balance de aguas subterráneas

El balance se planteó con base en información técnica de los estudios geohidrológicos realizados en los años de 1980 y 2001, así como en los datos obtenidos en los trabajos de censo y piezometría realizados en los años 1995, 1997 y 1999, ver figura 10.

Para determinar la recarga media anual del acuífero, se planteó la ecuación de balance de aguas subterráneas, la cual establece que la diferencia entre los volúmenes de agua que entran y salen del mismo, en un intervalo de tiempo dado, es igual a la variación de su almacenamiento. Las salidas son medidas o estimadas; el cambio de almacenamiento es valuado a partir de las variaciones de los niveles del agua y de valores del coeficiente de almacenamiento deducido con base en pruebas de bombeo o en consideraciones sobre la litología del acuífero. La recarga es obtenida por diferencia en la ecuación de balance.

Dado que las salidas naturales han sido totalmente eliminadas, la única salida de agua subterránea del acuífero El Hundido ocurre a través de los pozos, cuya extracción total para los usos antes indicados asciende a 21.87 hm³/año.

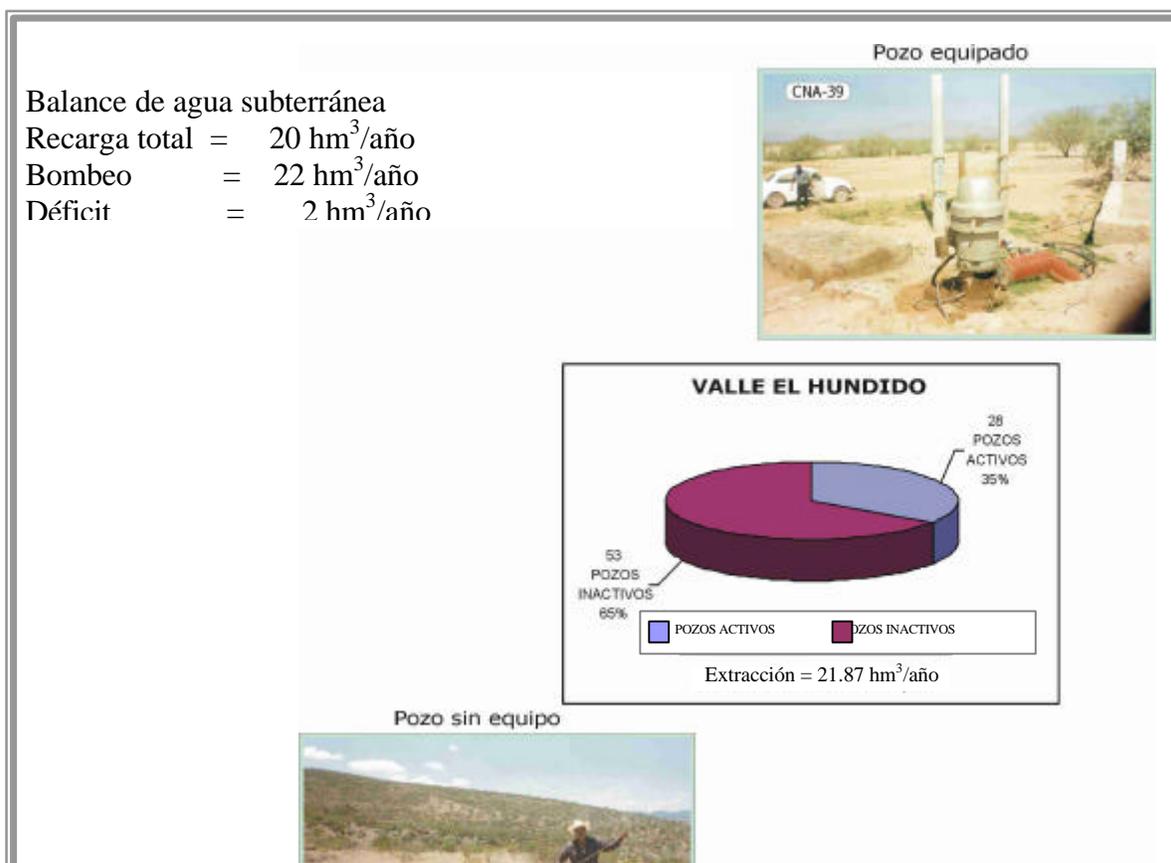


Figura 10. Balance de aguas subterráneas del acuífero El Hundido

La diferencia entre los volúmenes de entrada y salida se refleja en la variación de los niveles estáticos. Las mediciones realizadas como parte de los estudios indican que en el lapso 1999-2001, el nivel del agua subterráneo presentó un abatimiento promedio de 0.3 metros por año. La cubicación del volumen de agua perdido por el acuífero, considerando un valor medio del coeficiente almacenamiento de 0.03, resultó de 1.72 hm³/año.

Con los valores anteriores aplicados en la ecuación de balance, resulta que la recarga media anual del acuífero en el intervalo de tiempo 1999-2001 fue de 20.15 hm³/año.

5.6.2. Disponibilidad

La disponibilidad media anual del agua subterránea, se determinó aplicando las especificaciones y el método señalado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, en su fracción relativa a las aguas subterráneas.

Conforme a esa NOM, la disponibilidad media anual se obtiene restando a la recarga total, la descarga natural comprometida y los volúmenes de agua concesionados inscritos en el REPGA. En este caso, la descarga natural es nula y el volumen de agua registrado es de 21.87 hm³/año. Por tanto, la disponibilidad media anual de aguas subterráneas queda:

Disponibilidad media anual de agua subterránea	=	Recarga media anual	-	Descarga comprometida	-	Volumen concesionado
- 1, 720,000	=	20,150,000	-	0	-	21,870,000

Este resultado implica que existe un déficit de 1,720,000 m³/año y, consecuentemente, que no hay disponibilidad de agua para otorgar nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada El Hundido, en el Estado de Coahuila.

6. Antecedentes normativos

Las aguas subterráneas en el valle El Hundido, se encuentran en condiciones de libre alumbramiento, lo cual permite extracciones siempre y cuando no se afecten los intereses comunes de los usuarios actuales relacionados con la explotación, uso y aprovechamiento del agua superficial y subterránea.

7. Problemática

7.1. Escasez natural

La ocurrencia del recurso hidráulico subterráneo, se encuentra vinculada a las condiciones climáticas de precipitación pluvial, ya que, tanto el flujo de agua superficial como de agua en el subsuelo, depende de la cantidad de lluvia que anualmente se registra en la región y en cada una de las zonas de recarga de los acuíferos.

La precipitación en las zonas montañosas que limitan el valle alcanza un valor de 300 mm en promedio anual, decreciendo este valor hasta 200 mm en las áreas planas de El Hundido. Este valor es inferior a la precipitación media en el Estado que es del orden 373 mm y también a la media nacional que es de 777 mm, ver tabla 6 y 7.

Tabla 6. Precipitación media anual

Localidad	Precipitación media anual (mm)	Relación con la precipitación media anual estatal (%)	Relación con la precipitación media anual nacional (%)
Santa Teresa de Sofía	148.3	39.7	19.0

Tabla 7. Precipitación media anual periodo 1991-2000

Año	Santa Teresa de Sofía
	mm
1991	221.00
1992	219.00
1993	38.00
1994	111.00
1995	51.00
1996	208.00
1997	257.20
1998	136.00
1999	126.80
2000	114.80
SUMA	1,482.80
PROMEDIO	148.28

La ocurrencia de agua en el subsuelo guarda estrecha relación con las zonas de recarga pluvial de las áreas montañosas que las circundan, lo cual sustenta la recarga por renovación de agua de reciente infiltración a los aprovechamientos subterráneos existentes en los mismos. Es evidente que ante una precipitación promedio natural inferior a 150 mm las posibilidades de desarrollo social y económico, así como de disponibilidad de vegetación susceptible de explotación se ven seriamente limitadas.

La evaporación potencial es mayor que 2,000 mm/año; consecuentemente, la mayor parte del agua precipitada retorna a la atmósfera por evaporación, el escurrimiento superficial es casi nulo y la infiltración es reducida.

Adicionalmente, en los últimos años la escasez natural del agua se ha agravado debido a la ocurrencia de una sequía prolongada y severa, que ha afectado principalmente a la porción norte del país.

7.2. Calidad del agua

Otro problema, derivado también del clima, es la elevada salinidad natural del agua subterránea. Debido a la intensa evaporación, gran cantidad de sales depositadas en el suelo y en los detritos desprendidos de las rocas por erosión, son disueltas y acarreadas por el agua infiltrada hacia las partes bajas de la cuenca. La concentración de sales en el agua aumenta en su recorrido subterráneo y en las áreas de descarga son depositadas en el terreno al evaporarse el agua. Este proceso, repetido en tiempos a escala geológica, ha dado lugar a una acumulación de sales en los suelos y en el agua, hasta concentraciones elevadas que no son aptas para el consumo humano y los demás usos del agua.

7.3. Sobreexplotación

Según los resultados del balance, la extracción de agua del acuífero ha superado ligeramente a su recarga media anual, con lo cual se ha iniciado ya su sobreexplotación. Esta condición será notablemente agravada si se continúa la construcción de pozos, pues su extracción incrementará la sobreexplotación.

El proyecto que se tiene en marcha para el cultivo de forrajes en esta cuenca incluye la construcción de pozos, cuya operación incrementaría la extracción del acuífero a un volumen equivalente a unas tres veces su recarga media. La diferencia entre ambos volúmenes sería tomada del almacenamiento subterráneo; los

efectos consiguientes serían un abatimiento progresivo de los niveles de agua, que reduciría el caudal y el rendimiento de los pozos existentes, al grado de dejar inactivos a algunos de ellos.

Otro efecto del incremento de la extracción sería el aumento de la salinidad del agua, ya de por sí elevada, pues provoca la migración hacia las áreas de bombeo de agua más salina, contenida en estratos más profundos o en los horizontes de materiales finos; además, el lavado de los suelos salinos y la aplicación de agroquímicos genera una carga contaminante que se infiltra y contamina al acuífero.

Tal condición no sería sostenible, tanto por la magnitud de los abatimientos provocados como por la calidad resultante del agua subterránea.

En zonas de escasa estadística hidrométrica de extracciones por bombeo, como es el caso, es conveniente sujetar a un régimen de explotación controlada que permita detallar la relación hidrodinámica de los acuíferos con la recarga. En términos prácticos, la medición sistemática de la extracción por bombeo y su estadística evolutiva de variación de niveles de explotación representa una alternativa viable para concretar diagnósticos temporales asociados a los efectos climáticos de la precipitación pluvial en las áreas de recarga regional y local, con lo cual se pudieran definir, en su caso, áreas susceptibles de protección para fines de reserva para el abasto de agua potable a poblaciones sujetas a una restricción por veda.

Dada la situación de la sobreexplotación se hace necesario implementar un ordenamiento del aprovechamiento (veda) que regule el equilibrio entre la recarga y la extracción, orientado al manejo sustentable de las propias reservas del agua y su utilización sostenible.

7.4. Conflictos por el agua entre valles de la zona de Cuatrociénegas

Dado el incremento poblacional, así como el desarrollo agropecuario en la zona, que demandan agua, ha creado incertidumbre por los usuarios tradicionales de las pozas y manantiales, por considerar que la apertura de aprovechamientos de agua subterránea en los valles de El Hundido, Cuatrociénegas y Ocampo pudiera afectar sus actuales fuentes de abastecimiento.

Del análisis geológico se observa que los valles corresponden a sinclinales, mientras que las sierras a anticlinales. Los aluviones de cada valle se encuentran aislados y no existe relación geohidrológica entre ellos. Por lo que respecta al horizonte acuífero en calizas del Grupo Washita y porción superficial de la Aurora, su distribución en cada valle provoca direcciones de flujo hacia el centro de los sinclinales. Por otra parte, en las sierras, las formaciones del Cretácico inferior son de menor permeabilidad o incluso impermeables, alcanzan gran altura en el eje de los anticlinales. Ello provoca que las rocas calizas de las sierras funcionen como parteaguas. A partir de lo anterior, se deduce que no existe conexión geohidrológica entre los valles, ver figura 11.

Por lo que respecta a la piezometría, se trazaron curvas que muestran la dirección de flujo para cada uno de los valles, siendo en todos los casos de tipo radial con dirección de circulación hacia el centro de los mismos. Desde el punto de vista piezométrico, se comprueba que no existe comunicación entre valles.

La calidad del agua presenta diferencias para cada uno de los valles, siendo de muy alta salinidad en el valle El Hundido, de salinidad media en Cuatrociénegas y de baja salinidad en Ocampo. En caso de que el agua del valle El Hundido (caracterizada por presentar alta salinidad), circulara hacia Cuatrociénegas, el agua de este último valle debería de presentar, cuando menos, una salinidad igual a la de El Hundido, lo cual no sucede. Tomando en cuenta la salinidad del agua, se deduce que tampoco existe flujo de agua del valle El Hundido hacia el de Cuatrociénegas.

ANTICLINAL
Y SIERRA ALAMITOS

ANTICLINAL Y
SIERRA DE LA FRAGUA

ANTICLINAL Y
SIERRA DE SAN MARCOS



Figura 11. Relación geológica-geohidrológica entre valles

Conjuntando los puntos de vista geológico, piezométrico y de calidad del agua, se concluye que no existe relación entre los acuíferos de los valles de El Hundido, Cuatrociénegas y Ocampo. Actualmente, éstos funcionan de manera independiente por lo que la recarga o extracción que sufra uno de ellos no repercutirá en los restantes.

Las características geológicas y geohidrológicas del sitio son peculiares y diferentes a las de los alrededores. Estas mismas características distintivas han provocado el desarrollo de una flora y fauna diferentes.

8. Conclusiones y recomendaciones

- El acuífero El Hundido tiene recarga media anual de unos 20.1 hm³/año y una extracción de unos 21.8 hm³/año.
- La calidad del agua que contiene no es apta para consumo humano y presenta serias restricciones para el uso agrícola por su alta concentración de sales (de 2,000 a más de 10,000 ppm).
- El incremento de la extracción por bombeo implicaría el abatimiento de los niveles del agua subterránea, la afectación a los usuarios ya establecidos y una salinización aun mayor del acuífero, generando una condición que no sería sustentable.
- Debido a la estructura geológica y a la topografía, el acuífero El Hundido forma parte de una cuenca superficial y subterráneamente cerrada. No tiene comunicación hidrológica con el acuífero de Cuatrociénegas, pues la falla de La Fragua y la formación San Marcos constituyen una barrera impermeable que no permite la circulación del agua subterránea entre ellos; por tanto, la extracción de los pozos existentes en el valle El Hundido no afecta a la descarga de las “pozas” de Cuatrociénegas.

El acuífero del valle El Hundido se ubica en una zona árida de desierto cuya precipitación es muy limitada. Adicionalmente, conforme al modelo conceptual de funcionamiento del acuífero los rellenos y las calizas son los depósitos donde se acumula, evapora o aprovecha el agua, cuya calidad no es apta para casi ningún uso, incluido el doméstico y el riego. Estas características le otorgan al desarrollo socioeconómico local,

fundamentalmente rural, la particularidad de ser básicamente dependiente de un sector primario poco desarrollado, salvo los nuevos programas para producción de alfalfa. Sin duda, la mala calidad del agua mermará gradualmente el suelo con lo cual es de preverse que la agricultura bajo riego no será permanente. Sin embargo, las condiciones actuales de aprovechamiento más allá de la oferta natural están provocando los efectos característicos de la sobreexplotación. Si a ello se le suma que el acuífero está bajo condiciones de libre alumbramiento, donde cualquier nuevo aprovechamiento es legal, resulta necesario instrumentar acciones administrativas, legales y técnicas para evitar un mayor deterioro en el recurso hidráulico disponible y en el entorno en general.

Los datos e información disponible demuestran además de la sobreexplotación, una escasez extraordinaria natural con lo que se cumplen al menos dos de las causales de interés público establecidas en la Ley de Aguas Nacionales para ordenar el uso y aprovechamiento del agua mediante alguno de los instrumentos legales establecidos: reserva, veda o reglamentación.

Sin embargo, el solo instrumento legal no es suficiente para detener y revertir la situación en el acuífero, pues existen otros elementos adicionales indispensables para lograr la sostenibilidad del aprovechamiento del agua subterránea en el acuífero. Estos elementos son la creación, fortalecimiento y consolidación de la organización de los usuarios en la forma de Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS); la formulación, consenso, instrumentación y evaluación del Plan de Manejo del Acuífero; la participación de las autoridades estatales y municipales; y la vigilancia del cumplimiento de los ordenamientos legales por la autoridad del agua.

Finalmente, de acuerdo a los resultados de los estudios realizados, y congruente con la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, se recomienda vedar el alumbramiento de aguas del subsuelo de manera inmediata para evitar mayores extracciones, e iniciar, en el seno del COTAS, la formulación del Plan de Manejo del Acuífero y, en consecuencia, de su reglamento correspondiente con el fin de preservar en cantidad y calidad el agua subterránea y hacer sustentable el desarrollo socioeconómico de la región.

Anexo 1

La poligonal que define el territorio ocupado por este acuífero es:

ACUIFERO 0506 EL HUNDIDO

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	102	31	51.6	26	38	45.6	
2	102	32	6.0	26	43	44.4	
3	102	13	37.2	26	37	40.8	
4	102	8	20.4	26	31	26.4	
5	102	6	18.0	26	19	15.6	
6	102	9	28.8	26	14	27.6	

7	102	4	48.0	26	13	19.2	
8	102	4	44.4	26	6	10.8	
9	102	6	36.0	26	2	56.4	
10	102	18	10.8	26	6	32.4	
11	102	25	33.6	25	58	48.0	
12	102	29	20.4	25	57	36.0	
13	102	33	50.4	25	59	52.8	
14	102	31	55.2	26	6	28.8	
15	102	33	43.2	26	14	31.2	
16	102	37	1.2	26	15	25.2	
17	102	36	28.8	26	21	25.2	
18	102	41	31.2	26	29	45.6	
19	102	42	21.6	26	36	0.0	
1	102	31	51.6	26	38	45.6	

Sufragio Efectivo. No Reelección.

Dado en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los ocho días del mes de septiembre de dos mil tres.-
El Director General de la Comisión Nacional del Agua, **Cristóbal Jaime Jáquez**.- Rúbrica.