

## SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

### ACUERDO por el que se dan a conocer los estudios técnicos del acuífero Laguna de Santa María, en el Estado de Chihuahua.

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

JOSE LUIS LUEGE TAMARGO, Director General de la Comisión Nacional del Agua, Organismo Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 32 Bis fracciones III, XXIII, XXIV y XLI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 2, 4, 9 fracciones I, VI, XVII, XXXV, XLI, y LIV, 12 fracciones I, VIII y XII, y 38 de la Ley de Aguas Nacionales; 1o., 14 fracciones I y XV, 73 y 77 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales; 1, 13 fracciones II, XI, XXVII y XXX, en vinculación con el diverso 52 fracción IV, inciso I) del Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua, y

#### CONSIDERANDO

Que en los últimos años se ha generado una creciente demanda de agua para desarrollo agrícola en diversas zonas de libre alumbramiento de agua del subsuelo ubicadas en la porción central del Estado de Chihuahua, entre ellas en la cuenca del río Santa María, lo cual implica el riesgo de que la extracción de agua rebase en magnitud la escasa renovación natural de los acuíferos y de que con ello se inicie la sobreexplotación de los mismos, con impacto negativo sobre la población y el medio ambiente;

Que el 5 de diciembre de 2001, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "Acuerdo por el que se establece y da a conocer al público en general la denominación única de los acuíferos reconocidos en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos por la Comisión Nacional del Agua, y la homologación de los nombres de los acuíferos que fueron utilizados para la emisión de los títulos de concesión, asignación o permisos otorgados por este órgano desconcentrado", en el cual al acuífero que se extiende en el subsuelo de la cuenca referida se le asigna el nombre oficial de "Laguna de Santa María", clave 0818;

Que el 3 de enero de 2008, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el "Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 30 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas que se indican", en el que se determinó la disponibilidad media anual del agua subterránea para el Acuífero 0818, Laguna de Santa María de 39.609328 millones de metros cúbicos anuales (millones de m<sup>3</sup>/año), con base a 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", publicada el 17 de abril de 2002, en el Diario Oficial de la Federación, y en la que se establece el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y subterráneas;

Que en un 57% de la superficie que comprende el acuífero "Laguna de Santa María", se estableció veda para la explotación, uso y aprovechamiento del agua subterránea mediante un acuerdo y dos decretos presidenciales, emitidos en los años de 1957, 1979 y 1981, quedando la superficie complementaria, de 43%, en zona de libre alumbramiento;

Que ante la construcción de pozos con fines agrícolas en la porción no vedada de esa cuenca, el gobierno estatal, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y los usuarios de las aguas subterráneas, asentados tanto en esa porción como en las zonas vedadas adyacentes, manifestaron su preocupación porque el incremento no controlado de la extracción de agua subterránea afectara a los desarrollos existentes y solicitaron la intervención de la Comisión Nacional del Agua para extender la veda a la totalidad de la superficie abarcada por el acuífero;

Que en atención a la anterior solicitud, así como a los resultados de la disponibilidad obtenidos del acuífero Laguna de Santa María, la Comisión Nacional del Agua procedió a la realización de los estudios técnicos correspondientes, en cumplimiento a lo previsto por los artículos 38 párrafo primero de la Ley de Aguas Nacionales, en relación con el diverso 73 de su Reglamento, y en cuya elaboración se otorgó la participación a los usuarios, a través de la reunión celebrada el día 16 de abril de 2007 en la población de Buenaventura, del Estado de Chihuahua;

Que la realización del presente estudio, tiene el objeto de definir si existe la necesidad de modificar el marco regulatorio vigente, en materia de control de la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, por lo que he tenido a bien expedir el presente:

**ACUERDO POR EL QUE SE DAN A CONOCER LOS ESTUDIOS TECNICOS DEL ACUIFERO LAGUNA DE SANTA MARIA, EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA**

**ARTICULO UNICO.-** Se da a conocer el resultado de los estudios técnicos realizados en el acuífero denominado Laguna de Santa María, del Estado de Chihuahua.

**ESTUDIO TECNICO**

**I. Antecedentes**

El acuífero denominado "Laguna de Santa María" ha sido objeto de estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua, en adelante "La Comisión" y por las instituciones que le antecedieron en la administración de las aguas nacionales.

Con el fin de controlar la extracción de agua subterránea, el Ejecutivo Federal emitió un acuerdo y dos decretos en los años 1957, 1979 y 1981, para establecer veda en una porción de la cuenca del río Santa María, en la cual se extiende el acuífero de referencia. Con estos ordenamientos, las vedas cubrieron un 57% de la superficie del acuífero, quedando la porción complementaria en zona de libre alumbramiento para la extracción de las aguas del subsuelo.

En los últimos cinco años, grupos de productores construyeron pozos con fines agrícolas en la porción no vedada, cuya capacidad de extracción podría rebasar con mucho la recarga o volumen renovable del acuífero, que es de reducida magnitud debido a la aridez de la región; de ser así, se iniciaría la sobreexplotación del acuífero con impacto negativo para el medio ambiente y la economía de los usuarios.

Para prevenirlo, en el año 2006 la Comisión realizó los estudios técnicos del acuífero cuyos principales resultados se exponen en el presente documento, como paso previo establecido en la Ley de Aguas Nacionales para el establecimiento o modificación de una veda.

**II. Ubicación y extensión territorial**

El acuífero "Laguna de Santa María" se localiza en la porción norte del Estado de Chihuahua, en los municipios Nuevo Casas Grandes, Ahumada, Ascensión y Buenaventura, entre las coordenadas 30° 14' y 31° 18' de latitud norte y 106° 41' y 107° 41' de longitud oeste, y tiene extensión superficial de 5 317 km<sup>2</sup>.

Sus límites están definidos por la poligonal simplificada cuyos vértices se enumeran a continuación:

<b>ACUIFERO 0818 LAGUNA DE SANTA MARIA</b>						
<b>VERTICE</b>	<b>LONGITUD OESTE</b>			<b>LATITUD NORTE</b>		
	<b>GRADOS</b>	<b>MINUTOS</b>	<b>SEGUNDOS</b>	<b>GRADOS</b>	<b>MINUTOS</b>	<b>SEGUNDOS</b>
1	107	39	48.3	30	40	12.4
2	107	18	18.1	30	49	29.1
3	107	21	33.9	31	3	1.1
4	107	24	30.4	31	6	55.0
5	107	28	40.1	31	14	32.3
6	107	18	1.1	31	17	25.0
7	107	16	13.2	31	13	37.2
8	107	9	53.9	31	9	49.9
9	107	7	26.2	31	4	41.9
10	107	4	47.9	30	59	4.5
11	107	4	16.2	30	54	11.9
12	106	45	49.3	30	48	0.3
13	106	41	28.6	30	41	2.4
14	106	50	39.7	30	36	24.9
15	106	49	17.7	30	23	46.7
16	106	56	10.5	30	25	36.8
17	106	58	14.6	30	17	30.0
18	107	5	7.8	30	14	31.9
19	107	11	35.3	30	20	13.5
20	107	18	43.1	30	20	42.8
21	107	25	7.5	30	17	32.6
22	107	31	3.1	30	24	52.9
23	107	33	9.9	30	24	23.5
24	107	40	17.4	30	33	54.5
1	107	39	48.3	30	40	12.4

### III. Población y desarrollo socioeconómico de la región vinculados con el recurso hídrico

La población de la zona está distribuida en 30 localidades<sup>1</sup>, dispersas en los cuatro municipios referidos. Según los datos del XII censo de Población y Vivienda, en el año 2000 la población total era de 655 habitantes y estaba concentrada, principalmente, en los municipios de Ahumada y Buenaventura. Su tasa de crecimiento anual es de 1.4%, en promedio.

La actividad más importante de la zona es la ganadería. En el año 1997, se estimó que el ganado estaba distribuido como sigue: 95.5%, bovino; 2.9%, equino, y 1.6%, caprino, porcino, ovino y aviar. Según estudio realizado por el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) para la SAGARPA, en el 2006, el coeficiente de agostadero es de 20 a 25 hectáreas por cabeza.

Un servicio de transporte foráneo de pasajeros comunican a los municipios con el resto del Estado. El servicio de carga privada es local; las líneas foráneas sólo usan la vía de paso. La infraestructura de los servicios es muy limitada (SAGARPA, IMTA, 2006).

Las rancherías de la zona no cuentan con servicios de agua, luz, salud, correo y mensajería.

### IV. Marco físico

#### 4.1. Clima

W. Köppen (1918) y Enriqueta García (1970), clasifican al clima de la región como de tipo seco o estepario extremoso con lluvias en verano.

De los datos climatológicos registrados en la estación "8066, Galeana" y "8155, Villa-Ahumada" para el lapso 1961-1988, se infiere que la precipitación media anual de la zona es de 318 milímetros; el periodo de lluvias comprende los meses de junio a octubre, siendo julio el mes más lluvioso y mayo el más seco. La temperatura media anual en el mismo periodo fue de 16.2°C. La evaporación potencial media anual es de 2 044 milímetros.

#### 4.2 Fisiografía

<sup>1</sup> Sistema de Información Biótica® Versión 4.1 Ubicación geográfica y nombre de la localidad o población. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (INEGI), (2002). "Localidades de la República Mexicana 2000". Obtenido de Principales Resultados por Localidad. XII Censo de Población y Vivienda 2000. Editado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

El área de estudio está comprendida en la provincia fisiográfica denominada Cuencas y Sierras (Erwin Raisz, 1964), caracterizada por largas sierras paralelas orientadas en dirección noroeste-sureste, separadas por grandes depresiones, llamadas bolsones, rellenos de sedimentos continentales, que se caracterizan por su suave pendiente a partir de las sierras y extensa planicie en la parte central. Una de estas depresiones forman a la denominada Laguna de Santa María, ubicada por debajo de la cota 1 200 metros sobre el nivel del mar y se ubica entre las sierras de Borregos (Cantiles) y la de La Nariz (Guzmán).

#### a. Geomorfología

En general, la zona presenta rasgos singulares que la ubican en una etapa senil, observándose tres unidades geomorfológicas: sierras, pie de monte y llanuras. Las sierras alcanzan elevaciones en el rango de 1200 a 2400 metros sobre el nivel del mar; las principales son las denominadas: Borregos, La Nariz y Escondida.

El Pie de Monte es una unidad geomorfológica formada por materiales conglomeráticos depositados en forma de abanicos y terrazas de suave pendiente, cortados por numerosos arroyos de cauce poco profundo. Se le encuentra en las estribaciones de las sierras principales.

La Llanura es la unidad de mayor extensión. Ocupa gran parte de la porción norte-noreste del Estado de Chihuahua y se formó por el depósito de sedimentos continentales aluviales y lacustres que rellenaron profundas fosas. Presentan un relieve suave con moderada pendiente. En particular, esta unidad abarca gran parte de la cuenca del río Santa María, que desemboca en el lago de mismo nombre; su elevación es un poco menor a los 1 200 metros sobre el nivel del mar.

#### b. Geología

En la cuenca del río Santa María afloran rocas sedimentarias que datan del Cretácico al Reciente. Se presenta a continuación una breve descripción de las principales formaciones geológicas.

Las rocas de mayor antigüedad corresponden al Grupo Chihuahua y afloran en las sierras de: Borregos, La Nariz y Banco de Lucero. Este Grupo está integrado por las Formaciones: Benigno, constituida por calizas masivas; Lágrima, por calizas en estratos delgados con esporádicas intercalaciones arcillosas; Finlay, por calizas masivas; Benavides, por lutitas con intercalaciones de fangolita arcillosa, y Loma de plata, por calizas nodulares con intercalaciones arcillosas. Las formaciones Lágrima, Finlay y Benavides presentan cambios laterales en su litología y se agrupan en la unidad denominada Formación Ahumada.

A las rocas del Grupo Chihuahua sobreyacen en forma transicional, las formaciones del Cretácico Superior: Del Río, constituida por lutitas y areniscas con algunas intercalaciones de caliza arcillosa; Buda, calizas generalmente en estratos gruesos con esporádicas intercalaciones de margas; Ojinaga, lutitas y areniscas marinas con estratos subordinados de calizas y dolomías, y Picachos, compuesta por areniscas, limonitas y lutitas de origen continental. Sus principales afloramientos se observan en las sierras Escondida (o Agua Hedionda) y La Sanguijuela.

Sobre las rocas cretácicas, en las partes altas de las sierras, se observa un grupo de rocas ígneas extrusivas de composición riolítica y edad terciaria, las cuales forman una unidad casi horizontal que se prolonga a todo lo largo de la Sierra Madre Occidental. En la cuenca de Santa María estas rocas afloran en las sierras Borregos, La Nariz, Banco de Lucero, Gavilán, Sanguijuela y Escondida. En algunas de éstas, las rocas antes descritas están intrusionadas por rocas graníticas de edad terciaria, que forman diques o pequeños troncos de forma irregular.

En los flancos de las sierras, afloran materiales granulares poco compactos: -gravas, arenas, limos y arcillas- de origen continental y edad terciaria, que cubren en forma discordante a las rocas preexistentes, formando cerros y pequeños lomeríos con pendiente suave hacia las llanuras. Estos materiales conformaron el relleno de las profundas fosas formadas entre las sierras. Cubriendo en forma discordante a las rocas cretácicas y a los depósitos terciarios, en las sierras afloran basaltos fracturados originados durante el tiempo comprendido del Plioceno al Reciente.

Materiales granulares de origen eólico, aluvial y coluvial -limos, arcillas, arenas y gravas poco cementados- afloran en la superficie de las llanuras y forman la parte superior del relleno. Su tamaño de grano disminuye de los bordes superiores hacia las partes bajas de la llanura, donde están interdigitados con sedimentos lacustres. Estos últimos son limo-arcillosos, forman capas delgadas laminares e interestratificadas y contienen abundante cantidad de sales depositadas por la evaporación del agua.

## **V. Hidrología superficial**

La cuenca del río Santa María forma parte de la Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo; aunque hidrológicamente pertenece a la Región Hidrológica No. 34 Cuenclas Cerradas del Norte.

Se trata de una cuenca endorreica o cerrada que es drenada por el río Santa María, el arroyo de El Queso y los arroyos tributarios de ambos; sus cauces son poco definidos debido al escaso escurrimiento y a la capacidad de infiltración de los terrenos por los que transitan. El régimen de escurrimiento es intermitente, con avenidas torrenciales esporádicas durante la temporada de lluvias. El agua colectada por el sistema de drenaje desemboca a la Laguna de Santa María, ubicada en la porción Norte de la cuenca y en una laguna de mayor dimensión localizada al oeste en la desembocadura del arroyo de El Queso.

Las lagunas de Santa María y la localizada al oeste en la desembocadura del arroyo de El Queso son cuerpos de agua intermitente cuya extensión varía estacionalmente a lo largo del tiempo, dependiendo de las aportaciones superficiales y subterráneas que recibe, así como de la cantidad de agua que pierde por la intensa evaporación. Su extensión máxima es del orden de 36 y 127 kilómetros cuadrados respectivamente.

## **VI. Hidrología subterránea**

### **6.1. El Acuífero**

Desde el punto de vista hidrogeológico, las rocas más permeables son las calizas de estratos medios y gruesos de la Formación Buda, las del Grupo Chihuahua (con excepción de la Formación Benavides que es arcillosa), los basaltos fracturados y de textura vesicular, los depósitos eólicos, los materiales aluviales, fluviales y coluviales de grano medio a grueso.

El acuífero Laguna de Santa María está constituido, principalmente, por materiales aluviales y lacustres de granulometría variada, que conforman un relleno cuyo espesor es del orden de 500 metros en las partes bajas de la cuenca. En los bordes del valle, el acuífero está formado también por rocas volcánicas fracturadas-calizas, tobos riolíticas y derrames basálticos. En las sierras, las rocas volcánicas fracturadas son receptoras y transmisoras del agua infiltrada hacia la porción granular del acuífero.

Los depósitos aluviales de grano medio a grueso y las rocas fracturadas son las porciones más permeables del acuífero; mientras que los depósitos de grano fino (limos y arcillas), de alta porosidad y baja permeabilidad, funcionan como semiconfinantes que almacenan gran cantidad de agua y la ceden lentamente a los estratos permeables adyacentes bajo los efectos del bombeo. En sentido vertical, se pueden identificar diferencias en niveles y calidad del agua; sin embargo, esto se debe a que, aun en condiciones naturales, hay circulación vertical -descendente en las zonas de recarga y ascendente en las de descarga- entre los diferentes horizontes. El bombeo de los pozos acentúa las diferencias de niveles entre estratos.

A pesar de sus diferencias en origen, edad y características, a nivel regional, las rocas volcánicas y los materiales no consolidados constituyen una sola unidad acuífera, de tipo "libre" desde el punto de vista hidráulico; aunque localmente se pueden registrar condiciones de confinamiento o semiconfinamiento, dependiendo de la estratigrafía y de la terminación de los pozos.

Por su alto contenido arcilloso, las Formaciones Benavides, Del Río, Ojinaga y Picachos son prácticamente impermeables, por lo cual constituyen las fronteras laterales y verticales del acuífero. Las rocas intrusivas son impermeables, aunque localmente presentan zonas conductoras de agua asociadas con fracturas e intemperismo; sin embargo, por la reducida extensión de sus afloramientos, no tienen papel importante en el sistema de flujo regional.

### **6.2. Niveles del Agua Subterránea**

En el año 2005, los niveles del agua subterránea se registraron a profundidades entre menos de 5 m, en las inmediaciones de la Laguna de Santa María, y más de 70 m en los bordes norte y poniente del acuífero. En la zona de mayor concentración de pozos, se registraron profundidades de 20 a 60 m; la mayor profundidad registrada fue de 78 m.

La elevación de los niveles del agua subterránea varía entre 1170 y 1 330 metros sobre el nivel del mar. De la configuración correspondiente al año 2005, se infiere que el agua subterránea circula de los flancos montañosos hacia las partes bajas de la cuenca, donde la dirección principal del flujo es de suroeste a noreste, y que existe una descarga subterránea a través del límite norte del acuífero.

Por falta de datos correspondientes a otras fechas, se desconoce cómo han variado los niveles del agua estacionalmente y a largo plazo; pero, de la configuración de los niveles del agua se infiere que éstos se han mantenido en una posición más o menos estable en el largo plazo.

### 6.3. Extracción y Uso del Agua Subterránea

Hasta ahora, la explotación del acuífero Santa María ha sido poco significativa: se reduce a la extracción de pequeñas cantidades de agua, del orden de 2 millones de metros cúbicos por año, para uso pecuario y doméstico, dado que la zona es principalmente ganadera y que sólo existen pequeñas comunidades y rancherías diseminadas en la cuenca.

Sin embargo, en los últimos cuatro años, grupos de productores han emprendido ambiciosos proyectos de desarrollo agrícola, para lo cual han construido varias decenas de pozos que, en conjunto, tienen gran capacidad de extracción. Una vez que se inicie su operación, se espera que la extracción de agua rebase la escasa recarga natural del acuífero.

### 6.4. Hidrogeoquímica y Calidad del Agua Subterránea

En general, el agua del acuífero Laguna de Santa María tiene salinidad total media de unos 400 miligramos por litro (mg/l) de sólidos totales disueltos (STD), con ligera tendencia creciente hacia la porción sursureste. Las concentraciones de cloruro (del orden de 10-20 mg/l) son bajas y presentan una distribución espacial similar a la de la salinidad. Esta distribución espacial de la salinidad y del cloruro señalan las direcciones principales del flujo, ya que su concentración aumenta con el tiempo de permanencia en el subsuelo.

Las concentraciones de sodio (promedio de 130 mg/l) y de elementos menores o traza como el fluoruro (con 3.5 mg/l) y el litio (73 µg/l, microgramos por litro), indican el contacto del agua con las rocas volcánicas y con los detritos derivados de ellas. El tipo predominante de agua es bicarbonatada-sódica ( $\text{HCO}_3\text{-Na}$ ), confirmando la interacción del agua con las rocas volcánicas.

La gran mayoría de las muestras de agua subterránea colectadas en el acuífero Laguna de Santa María (SAGARPA, IMTA, 2006) representan agua de baja salinidad por lo que para este parámetro, básicamente no presenta problemas de calidad para uso y consumo humano.

Con base en los análisis químicos de muestras de agua colectadas en pozos y tomando como referencia la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, se concluye que el agua del acuífero Laguna de Santa María es apta para su consumo humano en cuanto a su salinidad total y a su concentración de los elementos químicos mayores considerados en esa Norma; sin embargo, las concentraciones de los elementos flúor, hierro, sodio, arsénico y aluminio, rebasan los valores permisibles.

En todas las muestras analizadas, se registraron concentraciones de fluoruro superiores al límite permisible (1.5 mg/l). Como el acuífero es la única fuente de abastecimiento para uso doméstico, en el largo plazo, la salud de la población que utiliza agua para beberla o preparar sus alimentos, puede ser afectada por su ingesta y contacto permanente (SAGARPA, IMTA, 2006).

Las concentraciones de hierro disuelto en el agua también resultaron superiores al límite permisible, en 33% de las muestras analizadas; sin embargo, las concentraciones reportadas no ocasionan problemas a la salud de la población. En concentraciones superiores al máximo permisible (0.3 mg/l) provoca manchas en la ropa y taponamientos en las tuberías.

En cuanto al uso agrícola, el predominante en la cuenca de que se trata, se hizo una evaluación de la calidad del agua basada en el criterio desarrollado por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América (US Salinity Laboratory), que utiliza como indicador la salinidad del agua (en términos de su conductividad eléctrica). Según este criterio, en 78% de las muestras analizadas el agua resultó del tipo C2, correspondiente a una salinidad moderada, que es apta para el riego de cultivos de tolerancia media a la salinidad -uva, aceituna, granada, tomate, coliflor, lechuga, maíz, zanahoria, cebolla, guisantes, entre otras- en suelos que presentan una lixiviación moderada. En el 22% restante de las muestras analizadas, el agua resultó ser del tipo C3, que no es recomendable para el riego en suelos con drenaje deficiente, por lo que se requiere un manejo especial para el control adecuado de la salinidad (SAGARPA, IMTA, 2006).

### 6.5. Modelo conceptual del acuífero

La recarga del acuífero tiene dos componentes principales: la infiltración directa de la lluvia en las rocas fracturadas expuestas en las partes altas de las sierras y la infiltración de los escurrimientos superficiales en los flancos montañosos (pie de monte y abanicos aluviales) y a lo largo de los cauces. Probablemente, la segunda sea la componente de mayor magnitud.

A pesar de su gran extensión superficial las llanuras no son importantes áreas receptoras de recarga, porque la intensa evaporación genera una gran deficiencia de humedad en el suelo y en los estratos subyacentes, de tal manera que la escasa lluvia que se infiltra queda retenida en los primeros decímetros de relleno y es evaporada.

La descarga natural del acuífero tiene lugar por evaporación en el área de la Laguna de Santa María y por flujo subterráneo hacia la laguna El Barreal, en la zona de Conejos-Médanos; probablemente, en la primera descarga la región de Palmar del Berrendo. En ambas áreas lacustres, este mecanismo de descarga se manifiesta en la presencia de suelos altamente salinos, con eflorescencias y costras de sal en la zona de playa, y en el elevado contenido de sales en el agua subterránea.

El acuífero constituye un sistema de flujo con tiempos de residencia variables. Las altas concentraciones de Tritio y el tipo de agua indican que en algunas áreas de recarga, como la zona de El Vado, el agua llega al acuífero en tiempos menores que 50 años; mientras que su tránsito en el acuífero hasta las áreas de descarga natural tarda decenas o centenas de años. La salinidad del agua subterránea -entre 400 y 600 mg/l- confirma estos tiempos de travesía, pues son los necesarios para que el agua adquiera esa concentración de solutos, en las condiciones de temperatura y aridez propias de esa región.

#### **6.6. Balance de Agua Subterránea**

Con base en el modelo conceptual descrito en el apartado anterior, la recarga del acuífero se estimó aplicando el método conocido como "Balance de Aguas Subterráneas" al intervalo de tiempo 2005-2006. La expresión más sencilla del balance es:

$$\text{RECARGA} = \text{DESCARGA} + \text{CAMBIO DE ALMACENAMIENTO}$$

La descarga total del acuífero es medida o estimada; el cambio de almacenamiento es cuantificado a partir de la evolución de los niveles del agua registrado en los pozos de monitoreo, y la recarga es determinada por diferencia en la ecuación de balance. En este caso particular, la descarga del acuífero está compuesta por la extracción de las captaciones (2 millones de m<sup>3</sup>/a), por el flujo subterráneo hacia el acuífero Conejos-Médanos (14.6 millones de m<sup>3</sup>/a) y por la evapotranspiración en la laguna y en áreas con niveles freáticos someros (28.6 millones de m<sup>3</sup>/a), componentes que en conjunto totalizan un volumen de agua de 45.2 millones de m<sup>3</sup>/a).

No existe registro histórico del comportamiento de los niveles del agua subterránea: los primeros datos se obtuvieron en noviembre de 2005. Sin embargo, considerando que la extracción de agua es incipiente, se estima que el acuífero está en estado de equilibrio natural; por tanto, el cambio de almacenamiento es nulo.

Aplicando estos valores en la expresión anterior, la recarga total del acuífero resulta:

$$\text{RECARGA} = 45.2 \text{ millones de metros cúbicos por año.}$$

#### **VII. Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea**

La Disponibilidad Media Anual fue determinada conforme al método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2002, aplicando la expresión:

$$\text{Disponibilidad media anual} = \text{Recarga total} - \text{Descarga natural comprometida} - \text{Volumen concesionado}$$

Conforme al balance de agua subterránea, la recarga total del acuífero es de 45.2 millones de metros cúbicos por año. Por tratarse de un acuífero que se extiende parcialmente en una zona de libre alumbramiento, no todos los usuarios ahí existentes han solicitado el otorgamiento de concesiones de agua subterránea: en el REPDA sólo se tiene inscrito un volumen concesionado de 2.390 673 millones de metros cúbicos por año, al 30 de abril de 2007, que en su mayor parte corresponde a usuarios ubicados en las porciones ya vedadas del acuífero.

La descarga natural del acuífero se pierde por evapotranspiración en la Laguna de Santa María y en los salitrales adyacentes, o fluye hacia la laguna de El Barreal, en la zona de Conejos Médanos. Debido a la intensa evaporación y al depósito de rocas evaporíticas, en ambas áreas lacustres la salinidad del agua subterránea es muy elevada; en efecto, en el área de El Barreal se han registrado salinidades hasta de 8 700 mg/l. Así, en esas áreas el agua no es apta para consumo humano u otras actividades productivas.

En tal situación, es conveniente interceptar el agua mediante pozos antes de que llegue a las áreas donde su salinidad incrementa sustancialmente y deja de ser aprovechable. Por ello, la mayor parte de la descarga natural resulta disponible para su uso. Únicamente se considera como descarga natural comprometida un volumen de agua de 3.2 millones de metros cúbicos por año, correspondiente al flujo que conviene mantener hacia las áreas lagunares, con el fin de prevenir que el bombeo invierta el flujo de agua salina hacia los pozos.

Aplicando valores en la expresión anterior, resulta:

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL	=	RECARGA TOTAL ANUAL	-	DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA	-	VOLUMEN CONCESIONADO
39.609328	=	45.2	-	3.2	-	2.390673

Tal resultado implica que un volumen de agua de 39.609328 millones de metros cúbicos por año, adicional al ya registrado y titulado en el REPDA en el acuífero Laguna de Santa María, puede ser concesionado o asignado a usuarios asentados dentro de la propia cuenca.

Conforme a la Ley de Aguas Nacionales, estas disposiciones sólo surtirán sus efectos legales una vez que se extienda la veda a toda la superficie del acuífero.

### VIII. Situación Administrativa y Legal

Para controlar la extracción de agua subterránea, proteger los acuíferos y dar sustentabilidad al desarrollo, se emitieron un Acuerdo Presidencial y dos decretos de veda:

- El Acuerdo presidencial, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el 30 de enero de 1957, establece el Distrito de Riego de El Carmen en los municipios de San Buenaventura y Villa Ahumada; declara de utilidad pública las obras que lo formen y la adquisición de los terrenos necesarios para alojarlas y operarlas, y establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de las aguas del subsuelo dentro del distrito de riego.
- El primer decreto de veda se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el 25 de abril de 1979, declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en una porción de los municipios de Ascensión y Janos y establece veda por tiempo indefinido para la extracción de las aguas del subsuelo.
- El segundo, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 17 de marzo de 1981, declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos del Municipio de Galeana y de las zonas de los municipios de Casas Grandes y Nuevo Casas Grandes no vedadas por el Decreto del 16 de junio de 1954 publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 6 de julio del mismo año.

En conjunto, con los ordenamientos anteriores se estableció veda en un 57% de la superficie cubierta por el acuífero Laguna de Santa María, quedando en zona libre para el alumbramiento de las aguas del subsuelo el 43% de su extensión superficial.

Conforme a lo dispuesto en el párrafo V del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, "...el agua del subsuelo puede ser libremente alumbrada, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas...". Esta disposición, reiterada en el artículo 18 de la Ley de Aguas Nacionales, ha dado lugar a que se construyan gran número de pozos en la porción no vedada del acuífero, sin control por parte de la Autoridad del Agua.

Lo anterior plantea una situación de inequidad entre los propietarios asentados en la porción vedada del acuífero y los asentados en la porción de libre alumbramiento, pues mientras los primeros están sujetos a las restricciones impuestas por las vedas referidas y a los volúmenes de agua autorizados en sus títulos de concesión, los segundos pueden extraer libremente el agua que requieran.

### IX. Problemática

#### 9.1. Escasez natural de agua

El acuífero Laguna de Santa María está ubicado en una región árida: con una precipitación pluvial media anual y una evaporación potencial media anual de 318 y 2 044 milímetros por año, respectivamente. La mayor parte del agua precipitada se evapora, dejando un reducido excedente que genera escurrimiento o infiltración.

Los escurrimientos superficiales son intermitentes y de carácter torrencial, lo cual implica que no hay fuentes superficiales y que la única fuente permanente sea el acuífero.

La población asentada en la cuenca es poco numerosa -655 habitantes dispersos en 30 localidades-, por lo que su demanda de agua para usos domésticos y pecuarios es poco cuantiosa, y no se espera que aumente significativamente ni a largo plazo. En contraste, los ambiciosos proyectos de desarrollo agrícola que se han emprendido en los últimos años, sí requerirán de un volumen de agua que rebasará con mucho la recarga del acuífero.

En su artículo 7 bis, la Ley de Aguas Nacionales declara que es de interés público el control de la extracción... de las aguas del subsuelo, con atención prioritaria de la problemática hídrica en las localidades, acuíferos y regiones hidrológicas donde hay escasez natural del recurso hídrico.

#### **9.2. Riesgo de Sobreexplotación**

En su situación actual el acuífero ofrece una disponibilidad de agua de 39.6 millones de metros cúbicos por año, volumen que es significativo -considerando la aridez de la región- para impulsar el desarrollo de actividades productivas. Sin embargo, los proyectos agrícolas en vías de realización implican un serio riesgo de que se genere una sobreexplotación a corto plazo, por no considerar que la renovación del recurso hídrico es limitada, sin que la Autoridad Hidráulica pueda intervenir para prevenirlo por ser libremente alumbradas.

Dentro de la porción no vedada de la cuenca, los estudios técnicos identificaron dos grandes proyectos de desarrollo agrícola que, en conjunto, comprenden una extensión de unas 22 500 hectáreas. Aun considerando una lámina de riego reducida (p. ej., 65 cm/a), para irrigar esa superficie se requieren unos 138 millones de metros cúbicos de agua, volumen que equivale a tres veces la recarga media anual del acuífero. Actualmente, los productores tienen en proceso la construcción de pozos y el desmonte y la preparación de los terrenos para el cultivo.

Si la SEMARNAT autorizara el cambio de uso de suelo y no se estableciera a corto plazo la veda en toda la superficie del acuífero, al iniciarse la operación de los pozos ya construidos se iniciaría una sobreexplotación destructiva del recurso, con severos efectos perjudiciales a corto plazo -abatimiento progresivo de los niveles del agua, inutilización de pozos e incremento de los costos del bombeo-; aún más, mientras la zona siga siendo de libre alumbramiento, los interesados podrían seguir construyendo pozos sin límites de control.

En relación con esta situación potencial, en su artículo 7 la Ley de Aguas Nacionales declara que es de utilidad pública: La protección, mejoramiento, conservación y restauración de cuencas hidrológicas y acuíferos, el restablecimiento del equilibrio hidrológico de las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo, incluidas las limitaciones de extracción en zonas reglamentadas, las vedas, las reservas y el cambio en el uso del agua para destinarlo al uso doméstico y al público urbano.

### **X.- Conclusiones y recomendaciones**

#### **10.1. Conclusiones**

- El acuífero Laguna de Santa María recibe un volumen renovable limitado que debe estar sujeto a una extracción controlada.
- El volumen de agua subterránea explotado en la zona es de 2.0 millones de m<sup>3</sup>/año, de los cuales el 100% se destina al uso pecuario y doméstico. La agricultura en la zona es incipiente.
- El 43% del acuífero se ubica en una zona libre para el alumbramiento de las aguas del subsuelo, por lo que en esta zona normalmente no se solicita permiso a la Autoridad del Agua para la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas del subsuelo.
- En la situación actual y conforme a la NOM-011-CNA-2000, el acuífero ofrece una disponibilidad de agua de 39.6 millones de metros cúbicos por año, volumen que es significativo -considerando la aridez de la región- para impulsar el desarrollo de actividades productivas.
- El agua en la región del acuífero Laguna de Santa María presenta concentraciones que rebasan el límite permisible de los elementos flúor, hierro, sodio, arsénico y aluminio establecidos en la NOM-127-SSA1-1994.
- Los proyectos agrícolas en vías de realización implican un serio riesgo de que se genere una sobreexplotación a corto plazo, por no considerar que la renovación del recurso hídrico es limitada.
- De acuerdo a los estudios técnicos, el acuífero se encuentra en equilibrio hidrológico al ser el valor de su recarga del orden del volumen de extracción.

#### **10.2. Recomendaciones**

- Es necesario establecer una veda para la extracción de agua en el acuífero “Laguna de Santa María”, para prevenir la sobreexplotación del propio acuífero.
- Establecer el COTAS, integrar el padrón de usuarios y completar la titulación y registro de los usuarios de las aguas subterráneas.
- Ante la escasez natural del agua en contraste con los proyectos agrícolas en vías de realización que implican un serio riesgo de que se genere una sobreexplotación a corto plazo, es razón que constituye causales de interés y utilidad públicos para declarar veda en la región para el control de las extracciones, en tanto se agota la disponibilidad determinada.
- En el caso de que el volumen concesionado y registrado en el Registro Público de Derechos de Agua, al término del proceso de regularización y actualización del padrón, resulte superior a la recarga media anual, de 45.2 millones de metros cúbicos por año, la extracción total se ajustará a este volumen mediante un programa de reducciones que formará parte del reglamento del acuífero, el cual será formulado en etapas posteriores a la veda, por la Comisión Nacional del Agua con la participación de los usuarios organizados del acuífero de que se trata.

Referencias Bibliográficas:

- Geología de México, Tomo II, “Provincia geológica de Chihuahua”  
Ernesto López Ramos, Mayo de 1980.
- CONAGUA, “Reactivación de redes de monitoreo piezométrico de los acuíferos Laguna La Vieja, Laguna de Santa María, Laguna de Tarabillas, Los Juncos y Flores Magón-Villa Ahumada, del Estado de Chihuahua, México”, 2005.
- SAGARPA, IMTA, “Estudio hidrogeológico regional de los acuíferos del noroeste del Estado de Chihuahua (Acuífero Laguna de Santa María), 2006”.
- Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano, “Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, México”, Diario Oficial/18-1-1996.
- 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 agua nacionales”.

### TRANSITORIOS

**ARTICULO PRIMERO.-** El presente Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**ARTICULO SEGUNDO.-** Los documentos en extenso que contienen los detalles técnicos, las figuras y planos correspondientes, están disponibles para consulta pública en las Oficinas de la Comisión Nacional del Agua en su Nivel Nacional, que se ubica en Insurgentes Sur 2416, colonia Copilco El Bajo, México, D.F., código postal 04340; en su nivel Hidrológico-Administrativo Regional en el Organismo de Cuenca Río Bravo, en avenida Constitución número 4103 Oriente, colonia Fierro, Monterrey, Nuevo León, código postal 64590 y en su nivel Estatal en: la Dirección Local Chihuahua, avenida Universidad número 3300, colonia Magisterial, ciudad de Chihuahua, Chihuahua, código postal 31170.

Atentamente

Dado en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los treinta y un días del mes de diciembre de dos mil ocho.- El Director General, **José Luis Luege Tamargo**.- Rúbrica.