

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro, Región Hidrológico-Administrativa Golfo Norte.

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

ROBERTO RAMÍREZ DE LA PARRA, Director General de la Comisión Nacional del Agua, Órgano 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 XLII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 2, 4, 7 BIS fracción IV, 9 fracciones I, VI, XVII, XXXV, XXXVI, XXXVII, XLI, XLV, XLVI y LIV, 12 fracciones I, VIII, XI y XII, y 38 de la Ley de Aguas Nacionales; 1, 14 fracciones I y XV y 73 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales y 1, 8 primer párrafo y 13 fracciones II, XI, XXVII y XXX, del Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua, y

CONSIDERANDO

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

Que el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en la meta 4, denominada "México Próspero", establece la estrategia 4.4.2, encaminada a implementar un manejo sustentable del agua, que haga posible que todos los mexicanos accedan a ese recurso, teniendo como línea de acción ordenar su uso y aprovechamiento, para propiciar la sustentabilidad sin limitar el desarrollo;

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 objeto de este Estudio Técnico, se le asignó el nombre oficial de Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro;

Que el 28 de agosto de 2009, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "ACUERDO por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos", en el cual se establecieron los límites geográficos del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro;

Que el 14 de diciembre de 2011, 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 142 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las Regiones Hidrológico-Administrativas que se indican", en el que se dio a conocer la disponibilidad media anual del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro, obteniéndose un valor de 3.731748 millones de metros cúbicos anuales, con fecha de corte en el Registro Público de Derechos de Agua al 31 de marzo de 2011;

Que el 20 de diciembre de 2013, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican", en el que se actualizó la disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro, obteniéndose una disponibilidad de 34.218983 millones de metros cúbicos anuales, con fecha de corte en el Registro Público de Derechos de Agua al 31 de marzo de 2013;

Que el 20 de abril de 2015, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican", en el que se actualizó la disponibilidad media anual del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro, obteniéndose una disponibilidad de 34.218983 millones de metros cúbicos anuales, con fecha de corte en el Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014;

Que la actualización de la disponibilidad media anual del agua subterránea para el acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro, se determinó de conformidad con la "NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-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;

Que el 5 de abril de 2013, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el “ACUERDO General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas nacionales del subsuelo en los 96 acuíferos que se indican”, a través del cual en el acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro, se prohíbe la perforación de pozos, la construcción de obras de infraestructura o la instalación de cualquier otro mecanismo que tenga por objeto el alumbramiento o extracción de las aguas nacionales del subsuelo, así como el incremento de los volúmenes autorizados o registrados, sin contar con concesión, asignación o autorización emitidos por la Comisión Nacional del Agua, hasta en tanto se emita el instrumento jurídico que permita realizar la administración y uso sustentable de las aguas nacionales del subsuelo;

Que con el Acuerdo General referido en el Considerando anterior, en el acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro, se ha evitado el aumento de la extracción de agua subterránea sin control por parte de la Autoridad del Agua, y se han prevenido los efectos adversos de la explotación intensiva, tales como el abatimiento del agua subterránea, con el consecuente aumento en los costos de extracción e inutilización de pozos, la disminución o desaparición de los manantiales y del flujo base hacia los ríos, así como el deterioro de la calidad del agua, que de presentarse hubieran generado una situación de peligro en el abastecimiento de los habitantes de la zona e impacto en las actividades productivas que dependen de este recurso;

Que la Comisión Nacional del Agua, con fundamento en el artículo 38, párrafo primero de la Ley de Aguas Nacionales, en relación con el diverso 73 de su Reglamento, procedió a formular los estudios técnicos del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el Estado de Querétaro, con el objetivo de definir si se presentan algunas de las causales de utilidad e interés público, previstas en la propia Ley, para sustentar la emisión del ordenamiento precedente mediante el cual se establezcan los mecanismos para regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo, que permita llevar a cabo su administración y uso sustentable;

Que para la realización de dichos estudios técnicos se promovió la participación de los usuarios, a través del Consejo de Cuenca Río Pánuco, a quienes se les presentó el resultado de los mismos en la cuarta reunión de su Comisión de Operación y Vigilancia, realizada el 9 de abril de 2014, en la ciudad de San Luis Potosí, Estado de San Luis Potosí, habiendo recibido sus comentarios, observaciones y propuestas; por lo que he tenido a bien expedir el siguiente:

ACUERDO POR EL QUE SE DA A CONOCER EL RESULTADO DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DE AGUAS NACIONALES SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO TAMPAÓN-ZONA DE SIERRA, CLAVE 2211, EN EL ESTADO DE QUERÉTARO, REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA GOLFO NORTE

ARTÍCULO ÚNICO.- Se da a conocer el resultado de los estudios técnicos realizados en el acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, ubicado en el Estado de Querétaro, en los siguientes términos:

ESTUDIO TÉCNICO

1. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN TERRITORIAL DEL ACUÍFERO

El acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, se localiza en la porción noreste del Estado de Querétaro, aproximadamente a 95 kilómetros en línea recta al noreste de su capital, en los límites con los Estados de Guanajuato y San Luis Potosí; abarca una superficie de 1,299 kilómetros cuadrados, comprende parcialmente a los municipios de Arroyo Seco, Pinal de Amoles, Jalpan de Serra y muy pequeñas porciones de los municipios de Landa de Matamoros, San Ciró Acosta, Lagunillas y Peñamiller. Administrativamente corresponde a la Región Hidrológico-Administrativa Golfo Norte.

Los límites del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, están definidos por los vértices de la poligonal simplificada cuyas coordenadas se presentan a continuación y que corresponden a las incluidas en el “ACUERDO por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de agosto de 2009.

ACUÍFERO 2211 TAMPAÓN-ZONA DE SIERRA

VÉRTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	99	45	40.1	21	12	47.2	DEL 1 AL 2 POR EL LÍMITE ESTATAL
2	99	46	36.5	21	29	41.1	DEL 2 AL 3 POR EL LÍMITE ESTATAL
3	99	33	1.1	21	25	38.7	
4	99	29	55.2	21	21	59.0	

5	99	27	59.5	21	20	15.9	
6	99	25	12.4	21	16	52.6	
7	99	27	17.1	21	14	34.2	
8	99	25	12.4	21	12	39.1	
9	99	25	6.8	21	11	35.0	
10	99	22	40.2	21	11	51.6	
11	99	20	45.0	21	11	18.3	
12	99	22	11.3	21	8	15.8	
13	99	25	13.8	21	7	3.4	
14	99	28	14.9	21	7	21.5	
15	99	31	1.8	21	5	49.0	
16	99	33	27.7	21	7	23.9	
17	99	36	35.5	21	8	0.9	
18	99	39	40.9	21	7	1.9	
19	99	41	24.2	21	8	13.0	
20	99	43	31.3	21	8	43.4	
21	99	44	29.4	21	11	26.7	
1	99	45	40.1	21	12	47.2	

2. POBLACIÓN Y DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE LA REGIÓN, VINCULADOS CON EL RECURSO HÍDRICO

De acuerdo con los resultados de los censos de población y vivienda, así como del conteo de población, realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en la superficie del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, en el año 2000 la población era de 49,766 habitantes; para el año 2005, era de 48,552 habitantes; ascendiendo a 53,889 habitantes, para el año 2010, lo que representa el 3.0 por ciento de la población total estatal.

El 79.6 por ciento de la población se distribuye en localidades rurales y el 20.4 por ciento en la única localidad urbana ubicada en la superficie del acuífero, Jalpan de Serra, siendo ésta la localidad de mayor población con 11,010 habitantes; seguida por Purísima de Arista, con 2,304; Pinal de Amoles, con 2,000; Ahuacatlán de Guadalupe, con 1,815 y Arroyo Seco, con 1,425.

De acuerdo con la tendencia de crecimiento poblacional del Consejo Nacional de Población, se estima que para el año 2030, en el acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, habrá 68,821 habitantes, de los cuales, el 39.3 por ciento ocuparán el área del Municipio de Pinal de Amoles; el 39.2 por ciento, el de Jalpan de Serra; el 20.5 por ciento el de Arroyo Seco y tan sólo el 1.0 por ciento, el de Peñamiller.

De las 317 localidades que se ubican en el acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, el 23.34 por ciento cuenta con servicio de agua potable. El 60 por ciento de la población total del acuífero cuenta con este servicio, lo que corresponde a 32,502 habitantes. En relación a su población, Jalpan de Serra, es el municipio que cuenta con el mayor número de habitantes beneficiados con servicio de agua potable, que representan el 71.47 por ciento.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, para el año 2010, la población económicamente activa era de 10,764 habitantes; 77 por ciento laboraban en actividades del sector primario; el 1.0 por ciento, en actividades del sector secundario y el 22 por ciento en actividades del sector terciario. Las principales actividades del sector primario, son la agricultura y la ganadería; en el primer caso, los principales productos son aguacate, avena, amaranto, calabaza, cebolla, jitomate y mango, por mencionar algunos; la ganadería a su vez es representada por la producción porcina, bovina, caprina y de aves. Es de destacar que las actividades del sector primario, han venido disminuyendo su producción y superficie en los últimos cinco años. Con respecto al sector secundario, la única actividad que se desarrolla en el área es la minería de minerales no metálicos. Las principales actividades del sector terciario son los servicios, la construcción, el comercio, las actividades domésticas, la administración pública, los servicios profesionales y los servicios educativos.

El Producto Interno Bruto del Estado de Querétaro en el año 2010, fue de 231,629 millones de pesos, equivalente al 1.85 por ciento nacional; de éste, el 0.13 por ciento fue generado en los municipios comprendidos por el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211. El 0.08 por ciento, fue aportado por el sector terciario, el 0.03 por ciento por el sector primario y el 0.02 por ciento por el sector secundario.

El sector terciario es el que emplea el mayor volumen de agua, pero también es el que aporta la mayor cantidad de ingresos, con un bajo número de habitantes empleados. Este último aspecto, puede deberse a que algunos habitantes se emplean de manera simultánea en el sector terciario y en actividades del sector primario o secundario. Por su parte, el sector primario tiene el mayor número de habitantes empleados, utiliza un volumen ligeramente menor de agua, pero con una producción significativamente menor, en comparación con el sector terciario. El sector secundario, tiene la producción económica más baja, el menor número de habitantes empleados y, de acuerdo con los datos del Registro Público de Derechos de Agua, no existe ningún aprovechamiento en el área utilizado para este sector.

3. MARCO FÍSICO

3.1. Climatología

Según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García, en el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, el clima es predominantemente semicálido-subhúmedo, con una temperatura media anual mayor a 22 grados centígrados. De acuerdo al análisis realizado en un periodo de 27 años, con datos de las estaciones climatológicas: Jalpan, Ayutla y Pinal de Amoles, se estima que la precipitación media anual es de 897 milímetros en la superficie del acuífero. La mayor precipitación histórica ha ocurrido entre los meses de junio a octubre, siendo el mes de septiembre el que registra una mayor precipitación. La temperatura presenta un incremento notable a partir del mes de marzo, llegando a su máximo nivel, en el mes de mayo, en las estaciones de Pinal de Amoles y Arroyo Seco; para las estaciones de Jalpan y Ayutla, los meses con las mayores temperaturas ocurren en marzo y abril, respectivamente; para las cuatro estaciones se presenta una disminución de temperatura de forma gradual a partir del mes de mayo. Asimismo, derivado del análisis de las estaciones climatológicas y empleando la fórmula de Turc, se obtuvo una lámina de evapotranspiración de 780.5 milímetros anuales. Finalmente, mediante el método de uso de suelo se determinó el coeficiente de escurrimiento, obteniendo una lámina de escurrimiento de 103.4 millones de metros cúbicos anuales en el área del acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211.

3.2. Fisiografía y geomorfología

El acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, se localiza dentro de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental y dentro de la Subprovincia del Carso Huasteco. Esta provincia fisiográfica se extiende presentando una orientación norte-noreste paralela al Golfo de México, posee una longitud aproximada de 1,300 kilómetros, con una anchura promedio de 50 kilómetros y una elevación media de 2,200 metros sobre el nivel del mar.

Geomorfológicamente el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, presenta un relieve con elevaciones que oscilan entre los 500 y 3,000 metros sobre el nivel del mar, ubicándose algunos pequeños valles intermontanos. En la zona norte, en el Municipio de Arroyo Seco, las altitudes más bajas van de los 500 metros sobre el nivel del mar en el margen del Río Santa María, hasta elevaciones considerables en la parte noroccidente con 2,000 metros sobre el nivel del mar, correspondiente al Cerro Santo Domingo. En la zona suroccidente se encuentra el Cerro El Madroño, con una elevación de 2,500 metros sobre el nivel del mar, siendo éste, el de mayor elevación de esta zona. En la porción suroccidente del acuífero, los rasgos orográficos alcanzan altitudes promedio de 2,600 metros sobre el nivel del mar, ubicando la zona más baja en el poblado de Huajales, al nororiente del Municipio de Arroyo Seco, con una elevación de 839 metros sobre el nivel del mar, y la altura máxima se localiza en el Cerro La Calentura con 3,350 metros sobre el nivel del mar. Hacia la parte suroriente del acuífero, la topografía presenta elevaciones promedio que varían desde los 700 a los 1,500 metros sobre el nivel del mar, las principales elevaciones en esta región se ubican en Cerro Caliente y Cerro Los Cañones, al oriente de la cabecera municipal, con elevaciones que varían de los 1,300 a los 1,500 metros sobre el nivel del mar.

3.3. Geología

El área correspondiente al acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, forma parte del sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, afectado por diversos procesos geológicos de la Orogenia Laramide. La columna estratigráfica se constituye principalmente por unidades rocosas de origen sedimentario marino, formadas a lo largo de la Era Mesozoica, durante los periodos Jurásico y Cretácico, y en menor medida de rocas ígneas intrusivas, extrusivas y depósitos continentales.

Las rocas más antiguas que afloran en la zona del acuífero corresponden al Jurásico Superior, pertenecientes a la Formación Santiago, conformada por caliza débilmente arcillosa con intercalaciones de lutita, filita y pizarra, ubicadas en pequeños afloramientos al suroccidente y noroccidente del acuífero y la Formación Pimienta, constituida por caliza con intercalación de lutita color oscuro aflorando en la zona sur del

área del acuífero, rodeando a la formación anteriormente mencionada. El Cretácico Inferior está representado por la Formación Tamaulipas, que se conforma por caliza con presencia de microfósiles, aflora en forma alargada rodeando a la Formación Pimienta en la porción sur del acuífero y la Formación El Abra, compuesta de caliza de estratificación gruesa a masiva, aflora en la mayor parte del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211.

El Cretácico Superior está representado por la Formación Tamasopo, que está constituida por caliza color gris; la Formación San Felipe, conformada por caliza arcillosa con intercalación de lutita; la Formación Soyatal, se compone por caliza débilmente arcillosa intercalada con lutita laminar y marga; la Formación Mexcala, constituida por lutita color amarillo intercalada con arenisca y la Formación Cárdenas, compuesta por afloramientos de lutita color café con intercalaciones de arenisca compacta.

En la región occidental se presentan afloramientos aislados de forma irregular de cuerpos intrusivos pertenecientes a la unidad de granodiorita-diorita, del Terciario Inferior. Las rocas extrusivas son predominantemente de composición basáltica, pertenecientes a la Formación Tlanchinol, los derrames riolíticos pertenecen a la unidad de riolita-toba riolítica, ambas del Terciario.

Como producto del intemperismo y la erosión se han formado aluviones de edad Cuaternario, que cubren parcial e indistintamente la columna estratigráfica de la zona del acuífero en áreas reducidas, basado en la topografía del lugar.

Estructuralmente el área del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, se localiza dentro de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, que se caracteriza por la abundancia de plegamientos. El fracturamiento presente en el acuífero, en rocas mesozoicas, favoreció el emplazamiento de cuerpos intrusivos, produciendo una zona de skarn polimetálico en el área de Pinal de Amoles. La litología de origen sedimentario presente en la superficie del acuífero fue elevada desde el fondo marino y deformada a consecuencia de movimientos corticales de gran envergadura, ocurridos desde finales del Cretácico y comienzos de la Era Cenozoica, durante el Terciario; este evento deformacional de gran escala se conoce como Orogenia Laramide.

4. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

El acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, se ubica dentro de la Región Hidrológica 26 Pánuco y pertenece a la Cuenca Río Santa María 3. Dentro del área de estudio se localizan diversos ríos de importancia, predominando un sistema de drenaje dendrítico y paralelo. Dentro de estas corrientes superficiales se reportan 48 ríos intermitentes y 12 ríos perennes, dentro de los que destacan los ríos Jalpan, Santa María, La Florida, Huastequita, La Atarjea, Ayutla y El Bosque, al igual que arroyos de menor caudal como El Guayabito y Arroyo Grande. Debido a la cantidad de agua que precipita en la región y a las características geológicas de la misma, se encuentran diversos manantiales que aportan un caudal importante a las corrientes superficiales antes mencionadas. El área de estudio cuenta con cuerpos de agua de importancia, dentro de los que destaca la Presa Jalpan, que abastece a comunidades de la región y tiene una capacidad útil de 6.3 millones de metros cúbicos.

5. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

5.1. El Acuífero

El acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, es de tipo kárstico ya que actualmente se aprovecha por medio de manantiales que se encuentran en rocas de composición calcárea, una segunda unidad con menor potencial, que también se está aprovechando es la que se localiza en zonas de fracturas de arenisca-lutita intercaladas con caliza, los manantiales de esta unidad no cuentan con caudal grande y los principales aprovechamientos se localizan en la parte centro del acuífero, cerca del poblado de Concá.

El acuífero se encuentra constituido por caliza de la Formación El Abra o de la Formación El Doctor, atribuyéndole una permeabilidad secundaria debido a su fracturamiento, que presenta en ocasiones bajo espaciamiento. Lo anterior facilita la infiltración y circulación del agua de lluvia desde lo alto de las sierras, el fracturamiento se originó por procesos físicos producto de fallamiento regional, formando fracturas con apertura considerable, así como procesos químicos debido a la disolución de carbonato de calcio, ocasionando zonas de karsticidad que permiten la infiltración de agua.

Las rocas calcáreas de la Formación El Abra, se encuentran expuestas en la mayor parte del acuífero, principalmente en las zonas altas que delimitan la zona de estudio, tanto al este como al oeste, presentan permeabilidad secundaria, debido a la disolución del carbonato de calcio que produce oquedades y cavernas, presentando una estructura típica con estratos gruesos y alto fracturamiento, que favorece la infiltración. La permeabilidad se encuentra evidenciada por los diversos manantiales que se localizan en ella, destacando los manantiales ubicados en la población de Concá con caudales de hasta 290 litros por segundo.

La Formación Mexcala, también tiene una amplia distribución en la zona de estudio, constituida por estratos delgados de lutita, lutita-marga, limolitas y en bajo porcentaje caliza carbonosa, presentando una permeabilidad secundaria, debido al fallamiento y fracturamiento, dando origen a manantiales con caudales de 0.5 litros por segundo, como el manantial de la comunidad de La Escanelilla, con una permeabilidad baja, con bajo potencial acuífero en las zonas topográficamente bajas y como basamento impermeable en las zonas altas del acuífero.

Las rocas basálticas afloran en la porción norte del acuífero presentando fracturas que permiten la generación de manantiales, con caudales de hasta 0.5 litros por segundo, como sucede en el poblado El Refugio, por necesidades de esta comunidad y la de Arroyo Seco, en sus cercanías se han perforado varios pozos, que han resultado negativos. Debido a esto, el abastecimiento de agua potable al poblado Arroyo Seco, se realiza a través de un manantial localizado al sur del poblado, basado en estas características, a esta unidad litológica se le atribuye una baja permeabilidad.

En el área de estudio existe una superficie reducida de aluvión, debido a que es una región montañosa con pequeños valles intermontanos, que generan bajos caudales de agua, como en el caso de la localidad Arroyo de las Cañadas en las cercanías de Jalpan, donde la porción superior del acuífero está conformada por sedimentos aluviales de granulometría variada de extensión y espesor reducido, así como por conglomerados, cuya presencia se restringe a los pequeños valles aluviales y al cauce de ríos y arroyos.

5.2. Niveles del agua subterránea

El nivel de saturación del agua subterránea es aquel a partir del cual el agua satura todos los poros y oquedades del subsuelo. La profundidad al nivel de saturación estático, medida desde la superficie del terreno en el año 2011, en una noria en Arroyo Seco, era de 1.05 metros; en una segunda noria, localizada al norte de Jalpan de Serra, el nivel estático se encontraba a nivel de suelo, y el nivel más profundo que se reportó, fue medido en el pozo de la comunidad El Refugio, al norte del acuífero, con una profundidad al nivel estático de 81 metros.

La elevación del nivel estático para el año 2011, variaba desde 555 hasta 980 metros sobre el nivel del mar, los valores más altos se presentaron en la parte suroeste del acuífero. Las sierras tienen elevaciones topográficas del orden de 3,000 metros sobre el nivel del mar; en la porción donde se encuentran los manantiales, el nivel topográfico variaba de los 1,500 a los 1,700 metros sobre el nivel del mar, brotando de la lutita-caliza, de la Formación Mexcala, con un caudal menor a 20 litros por segundo. Hacia el este del acuífero, a 1,600 metros sobre el nivel del mar, también se localizan manantiales, como es el caso de la comunidad La Florida, que presenta caudal bajo, brotando de la caliza de la Formación El Abra.

Debido al escaso número de aprovechamientos subterráneos existentes en el área que cubre el acuífero y al incipiente volumen de extracción, se puede afirmar que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo.

5.3. Extracción del agua subterránea y su distribución por usos

A partir del censo de aprovechamientos de agua subterránea realizado por la Comisión Nacional del Agua en el año 2011, se identificaron 15 aprovechamientos: 2 pozos, 3 norias y 10 manantiales, de los cuales, 3 norias y 8 manantiales se destinan para uso doméstico y pecuario; para el uso público-urbano se utiliza uno de los 2 pozos y el otro pozo está inactivo; para el uso agrícola se emplean 2 manantiales.

El volumen de extracción total es de 0.2 millones de metros cúbicos anuales destinado en su totalidad al uso público urbano. Adicionalmente, 13.6 millones de metros cúbicos que descargan a través de manantiales se distribuyen en los usos doméstico, pecuario y agrícola. De los manantiales destacan el ubicado en la comunidad Concá, con un gasto de 250 litros por segundo, el manantial localizado en la Exhacienda de Concá, con un gasto de 150 litros por segundo y 30 litros por segundo, descargan a manantiales de gastos menores ubicados en las zonas serranas.

5.4. Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

En el año 2011 se tomaron muestras en 10 manantiales, dos norias, un pozo. Las determinaciones incluyeron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, iones principales, temperatura, conductividad eléctrica, potencial hidrógeno, potencial óxido reducción, nitratos, dureza total, sólidos totales disueltos, coliformes fecales y totales, además de metales como aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo, fierro, manganeso, mercurio y plomo.

El agua subterránea de los aprovechamientos muestreados presenta una temperatura que varía de 16.7 a 30 grados centígrados; el potencial hidrógeno oscila entre los 6.9 y 8.4; el potencial óxido reducción varía de -65.5 a 22.7 milivoltios. El oxígeno disuelto en el agua subterránea varía de 7 a 24 por ciento. La conductividad eléctrica del agua subterránea varía entre 337 y 1,005 microsiems por centímetro y la máxima concentración de sólidos totales disueltos es de 493 miligramos por litro.

El agua subterránea del acuífero Tampaón-Zona de Sierra, clave 2211, es predominantemente del tipo bicarbonatada cálcica, y sólo en la zona de Concá, se identificaron dos muestras en las que el agua es del tipo sulfatada-cálcica.

La máxima concentración de cloruros en el agua subterránea es de 80 miligramos por litro y la máxima concentración de sodio de 62.16 miligramos por litro. En general las concentraciones de los diferentes

elementos y parámetros analizados en el acuífero Tumpaón-Zona de Sierra, clave 2211, no rebasan los límites máximos permisibles establecidos en 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”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de noviembre de 2000, con excepción del agua subterránea extraída de una noria en la Comunidad Jalpan, en la que se excede el límite máximo permisible para nitratos, con una concentración de 17 miligramos por litro.

En general el agua subterránea del acuífero Tumpaón-Zona de Sierra, clave 2211, corresponde a agua de reciente infiltración, de tiempos de residencia muy cortos, que ha circulado a través de las fracturas y oquedades de disolución de las rocas carbonatadas, desde su infiltración en las zonas altas, hasta su descarga a través de manantiales en las partes bajas.

En lo que respecta a la calidad del agua para riego, de acuerdo con el criterio de Wilcox, que hace referencia a la relación entre la conductividad eléctrica y la relación de adsorción de sodio, la mayor parte de las muestras se clasificaron como C2-S1, con salinidad media y bajo contenido de sodio intercambiable, considerada de buena calidad y apta para el riego en la mayoría de los casos y sin necesidad de prácticas de control de salinidad. Solamente dos muestras tomadas en la región de Concá y una en Arroyo Seco, son de tipo C3-S1, con salinidad alta y bajos niveles de sodio intercambiable, que corresponde a agua que debe emplearse en suelos con un drenaje adecuado y cultivos tolerantes a las sales.

5.5. Modelo conceptual del acuífero

El acuífero Tumpaón-Zona de Sierra, clave 2211, está constituido en una porción muy restringida en pequeños valles aluviales y en el cauce de los ríos y arroyos, por sedimentos aluviales de granulometría variada de extensión y espesor reducido, así como por conglomerados. La mayor parte del acuífero está conformada por calizas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y disolución; las calizas de la Formación El Doctor, presentan gran desarrollo de karsticidad, asociado a un sistema de fracturas cuyo contenido de arcillas varía de moderado a alto, dando origen a la presencia de una gran cantidad de manantiales con buenos caudales.

La dirección del flujo subterráneo depende del arreglo estructural que existe en la región, en el Anticlinal Piñón, se favorece la infiltración hacia la zona de valle del acuífero, conocido como Sinclinal El Aguacate. En algunos sitios se observan coladas basálticas con un fracturamiento vertical intenso que favorece la infiltración hacia las partes bajas, infiriendo que la zona kárstica, se encuentra debajo del depósito de basaltos de acuerdo a los resultados de geofísica realizados.

El agua de lluvia que precipita en las sierras se infiltra a través de las fracturas y planos de estratificación, en zonas de disolución como dolinas, ubicadas en las partes altas, circulando por el medio fracturado y saliendo en sitios donde la roca se encuentra compacta, sin mucho fracturamiento y en los contactos discordantes con otras unidades, dando como resultado la formación de manantiales en las zonas altas, el flujo que no sale en estas partes sigue en dirección a las partes bajas, saliendo y dando origen a la zona de manantiales de Concá, presentando las sierras que limitan al acuífero al este, el mismo comportamiento.

5.6. Balance de aguas subterráneas

La recarga media anual que recibe el acuífero Tumpaón-Zona de Sierra, clave 2211, es de 49 millones de metros cúbicos anuales, integrada por 48 millones de metros cúbicos de recarga natural, evaluada a partir del balance hidroclimatológico, en el cual se estima que la precipitación total en la superficie del acuífero es de 1,165.3 millones de metros cúbicos por año, de este volumen, se pierden por evapotranspiración 1,013.9 millones de metros cúbicos por año y escurren 103.4 millones de metros cúbicos anuales; asimismo, ingresan al acuífero mediante recarga inducida, 1.0 millón de metros cúbicos anuales.

La descarga del acuífero se conforma por 0.2 millones de metros cúbicos anuales que se extraen de pozos y norias; 13.6 millones de metros cúbicos anuales de descarga, a través de manantiales y 35.2 millones de metros cúbicos anuales, corresponden a otras descargas naturales, como caudal base hacia las corrientes perennes, evapotranspiración o salidas subterráneas. El cambio de almacenamiento en el acuífero se considera nulo.

6. DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA SUBTERRÁNEA

La disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Tumpaón-Zona de Sierra, clave 2211, fue determinada conforme al método establecido en la “NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2002, aplicando la expresión:

$$\begin{array}{rclclcl}
 \text{Disponibilidad media} & & & & & & \text{Volumen concesionado e inscrito} \\
 \text{anual de agua} & = & \text{Recarga total} & - & \text{Descarga natural} & - & \text{en el Registro Público de} \\
 \text{subterránea} & & & & \text{comprometida} & & \text{Derechos de Agua}
 \end{array}$$

La disponibilidad media anual en el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, se determinó considerando una recarga media anual de 49.0 millones de metros cúbicos anuales, una descarga natural comprometida de 13.6 millones de metros cúbicos anuales, correspondientes a las descargas por manantiales y, un volumen concesionado e inscrito en el Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014, de 1.181017 millones de metros cúbicos, resultando una disponibilidad media anual de agua subterránea de 34.218983 millones de metros cúbicos al año:

REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA GOLFO NORTE

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
2211	TAMPAÓN-ZONA DE SIERRA	49.0	13.6	1.181017	0.2	34.218983	0.000000

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

Esta cifra indica que existe volumen disponible para otorgar concesiones o asignaciones, en el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211.

El volumen máximo que puede extraerse del acuífero para mantenerlo en condiciones sustentables, es de 35.4 millones de metros cúbicos anuales, que corresponde al volumen de recarga media anual que recibe el acuífero, menos la descarga natural comprometida.

7. SITUACIÓN REGULATORIA, PLANES Y PROGRAMAS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Actualmente, en el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, se encuentra vigente el "ACUERDO General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas nacionales del subsuelo en los 96 acuíferos que se indican", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de abril de 2013, mediante el cual se prohíbe la perforación de pozos, la construcción de obras de infraestructura o la instalación de cualquier otro mecanismo que tenga por objeto el alumbramiento o extracción de las aguas nacionales del subsuelo, así como el incremento de volúmenes de extracción autorizados o registrados, sin contar con concesión, asignación o autorización emitidos por la Comisión Nacional del Agua, hasta en tanto se emita el instrumento jurídico que permita realizar la administración y uso sustentable de las aguas nacionales del subsuelo.

8. PROBLEMÁTICA

8.1. Riesgo de sobreexplotación

En el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, la extracción total a través de norias y pozos es de sólo 0.2 millones de metros cúbicos anuales y la descarga a través de los manantiales es de 13.6 millones de metros cúbicos anuales; mientras que la recarga que recibe el acuífero, está cuantificada en 49.0 millones de metros cúbicos anuales.

A pesar de que la extracción de agua subterránea es incipiente, la cercanía con acuíferos sobreexplotados del Estado de Querétaro, representa una gran amenaza, debido a que los usuarios que en los últimos años han adoptado nuevas tecnologías de producción agrícola, cuya rápida expansión ha favorecido la construcción de un gran número de pozos en muy corto tiempo, con una gran capacidad de extracción, propiciando la sobreexplotación de los acuíferos, podrían invadir el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, con lo que la demanda de agua subterránea se incrementaría notoriamente, la disponibilidad del acuífero se vería comprometida y el acuífero correría el riesgo de sobreexplotarse en el corto plazo.

En caso de que en el futuro se establezcan en la superficie del acuífero grupos con ambiciosos proyectos agrícolas o industriales y de otras actividades productivas que requieran gran cantidad de agua, como ha ocurrido en otras regiones, que demanden mayores volúmenes de agua que la recarga que recibe el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, podría originar un desequilibrio en la relación recarga-extracción y causar sobreexplotación del recurso.

Actualmente, aun con la existencia del instrumento jurídico referido en el Considerando Noveno del presente, en el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, existe el riesgo de que el futuro incremento de la demanda de agua subterránea genere los efectos perjudiciales causados por la explotación intensiva, tales como la profundización del nivel del agua subterránea, la inutilización de pozos, el incremento de los costos de bombeo, la disminución e incluso desaparición de los manantiales y del caudal base hacia los ríos, así como el deterioro de la calidad del agua subterránea, por lo que es necesario prevenir la sobreexplotación, proteger al acuífero de un significativo desequilibrio hídrico y deterioro ambiental, que pudiera llegar a afectar las actividades socioeconómicas que dependen del agua subterránea en esta región.

8.2. Riesgo de contaminación

En el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, debido a su naturaleza Kárstica, el agua subterránea circula a través de las oquedades del medio geológico carbonatado de elevada permeabilidad, que permite la fácil infiltración y circulación del agua, por lo que es extremadamente vulnerable a la contaminación generada por actividades humanas, es decir, que por sus características hidrogeológicas, es muy susceptible a ser afectado por contaminantes y que la calidad del agua subterránea sea deteriorada hasta rebasar los límites máximos permisibles para consumo humano, por lo que es necesario prevenir la contaminación y con ello el deterioro de la calidad del agua subterránea y los consecuentes problemas de salud pública.

9. CONCLUSIONES

- En el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, existe una disponibilidad media anual de agua subterránea de 34.218983 millones de metros cúbicos anuales, para otorgar concesiones o asignaciones; sin embargo, el acuífero debe estar sujeto a una extracción, explotación, uso y aprovechamiento controlados para lograr la sustentabilidad ambiental y prevenir la sobreexplotación del acuífero.
- El acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, se encuentra sujeto a las disposiciones del "ACUERDO General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas nacionales del subsuelo en los 96 acuíferos que se indican", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de abril de 2013.
- Dicho instrumento ha permitido prevenir los efectos de la explotación intensiva; sin embargo, persiste el riesgo de que la demanda supere la capacidad de renovación del acuífero con el consecuente abatimiento del nivel de saturación, el incremento de los costos de bombeo, la disminución o incluso desaparición de los manantiales y del caudal base hacia los ríos; así como el deterioro de la calidad del agua subterránea en detrimento del ambiente y de los usuarios de la misma.
- El Acuerdo General de suspensión de libre alumbramiento, establece que estará vigente hasta en tanto se expida el instrumento jurídico que la Comisión Nacional del Agua, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, proponga al titular del Ejecutivo Federal; mismo que permitirá realizar la administración y uso sustentable de las aguas nacionales del subsuelo en el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211.
- De los resultados expuestos, en el acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, se presentan las causales de utilidad e interés público referidas en los artículos 7 y 7 BIS de la Ley de Aguas Nacionales, relativas a la protección, mejoramiento, conservación y restauración de acuíferos; a la atención prioritaria de la problemática hídrica; al control de la extracción, explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo, la sustentabilidad ambiental y la prevención de la sobreexplotación del acuífero; causales que justifican el establecimiento de un ordenamiento legal para el control de la extracción, explotación, aprovechamiento y uso de las aguas del subsuelo, que abarque la totalidad del acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, para alcanzar la gestión integrada de los recursos hídricos.
- El ordenamiento precedente aportará las bases para obtener un registro confiable y conforme a derecho, de usuarios y extracciones; y con ello se organizará a todos los asignatarios y concesionarios del acuífero.

10. RECOMENDACIONES

- Decretar el ordenamiento precedente para el control de la extracción, explotación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas en toda la extensión del acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, y que en dicho acuífero quede sin efectos el "ACUERDO General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas nacionales del subsuelo en los 96 acuíferos que se indican", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de abril de 2013, en términos de lo dispuesto por su artículo primero transitorio.
- Una vez establecido el ordenamiento correspondiente, integrar el padrón de usuarios de las aguas subterráneas, conforme a los mecanismos y procedimientos que establezca la Comisión Nacional del Agua.

TRANSITORIOS

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

SEGUNDO.- Los estudios técnicos que contienen la información detallada, mapas y memorias de cálculo con la que se elaboró el presente Acuerdo, así como el mapa que ilustra la localización, los límites y la extensión geográfica del acuífero Tropaón-Zona de Sierra, clave 2211, estarán disponibles para consulta

pública en las oficinas de la Comisión Nacional del Agua, en su Nivel Nacional, que se ubican en Avenida Insurgentes Sur 2416, Colonia Copilco El Bajo, México, Distrito Federal, Código Postal 04340, y en su Nivel Regional Hidrológico-Administrativo, en el Organismo de Cuenca Golfo Norte, ubicada en Calle Libramiento Emilio Portes Gil Número 200, Colonia Miguel Alemán, Código Postal 87030, Ciudad Victoria, Tamaulipas; y en la Dirección Local Querétaro, ubicada en Avenida Hidalgo número 293, Fraccionamiento Las Campanas, Santiago de Querétaro, Querétaro, Código Postal 76010.

México, Distrito Federal, a los 3 días del mes de diciembre de dos mil quince.- El Director General, **Roberto Ramírez de la Parra**.- Rúbrica.