CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL ACUÍFERO JERÉZ (3205), ESTADO DE ZACATECAS

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1 GENERALIDADES 2
Antecedentes 2
1.1 Localización 2
1.2 Situación administrativa del acuífero 4
2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD 5
3 FISIOGRAFÍA 7
3.1 Provincia fisiográfica 7
3.2 Clima 7
3.3 Hidrografía 8
3.4 Geomorfología 8
4 GEOLOGÍA 9
4.1 Estratigrafía 10
4.2 Geología estructural 13
4.3 Geología del subsuelo 14
5 HIDROGEOLOGÍA 15
5.1 Tipo de acuífero 15
5.2 Parámetros hidráulicos 15
5.3 Piezometría 16
5.4 Comportamiento hidráulico 16
5.4.1 Profundidad al nivel estático 16
5.4.2 Elevación del nivel estático 17
5.4.3 Evolución del nivel estático 18
5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea 19
6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA 21
7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 21
7.1 Entradas 22
7.1.1 Recarga vertical (Rv) 22
7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh) 22
7.1.3 Recarga incidental (Rr) 23
7.2 Salidas 24
7.2.1 Extracción por bombeo (B) 24
7.2.2 Descargas a través de manantiales (Dm) 24
7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh) 24
7.3 Cambio de almacenamiento (ΔVS) 25
8 DISPONIBILIDAD 26
8.1 Recarga total media anual (R) 26
8.2 Descarga natural comprometida (DNC) 26
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) 27
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA) 27
9 BIBLIOGRAFÍA 29

1 GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, en el caso de las aguas subterráneas esto debe ser por acuífero, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la "NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales". Esta norma ha sido preparada por un grupo de especialistas de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, gobiernos estatales y municipales y de la CONAGUA. La NOM establece para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas la realización de un balance de las mismas donde se defina de manera precisa la recarga, de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

Los resultados técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información, se especifique claramente el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar.

La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, transparentar la administración del recurso, planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

1.1 Localización

El acuífero Jerez, definido con la clave 3205 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la región suroccidental del estado de Zacatecas, en el límite con el estado de Jalisco; entre los paralelos 22°14' y 23° 02' de latitud norte y entre los meridianos 102°46' y 103° 19' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 2,395 km^2.

Limita al norte con los acuíferos de Aguanaval y Calera, al este con el acuífero Benito Juárez; al sureste con el acuífero Villanueva; al oeste con el acuífero de Valparaíso todos ellos pertenecientes al estado de Zacatecas; al sur con el acuífero Colotlán, perteneciente al estado de Jalisco (figura 1).

Geopolíticamente, el territorio que comprende el acuífero se localiza en la mayor parte de los municipios de Jerez, Susticacán y Tepetongo así como porciones menores de Villanueva, Calera, Fresnillo y Zacatecas.

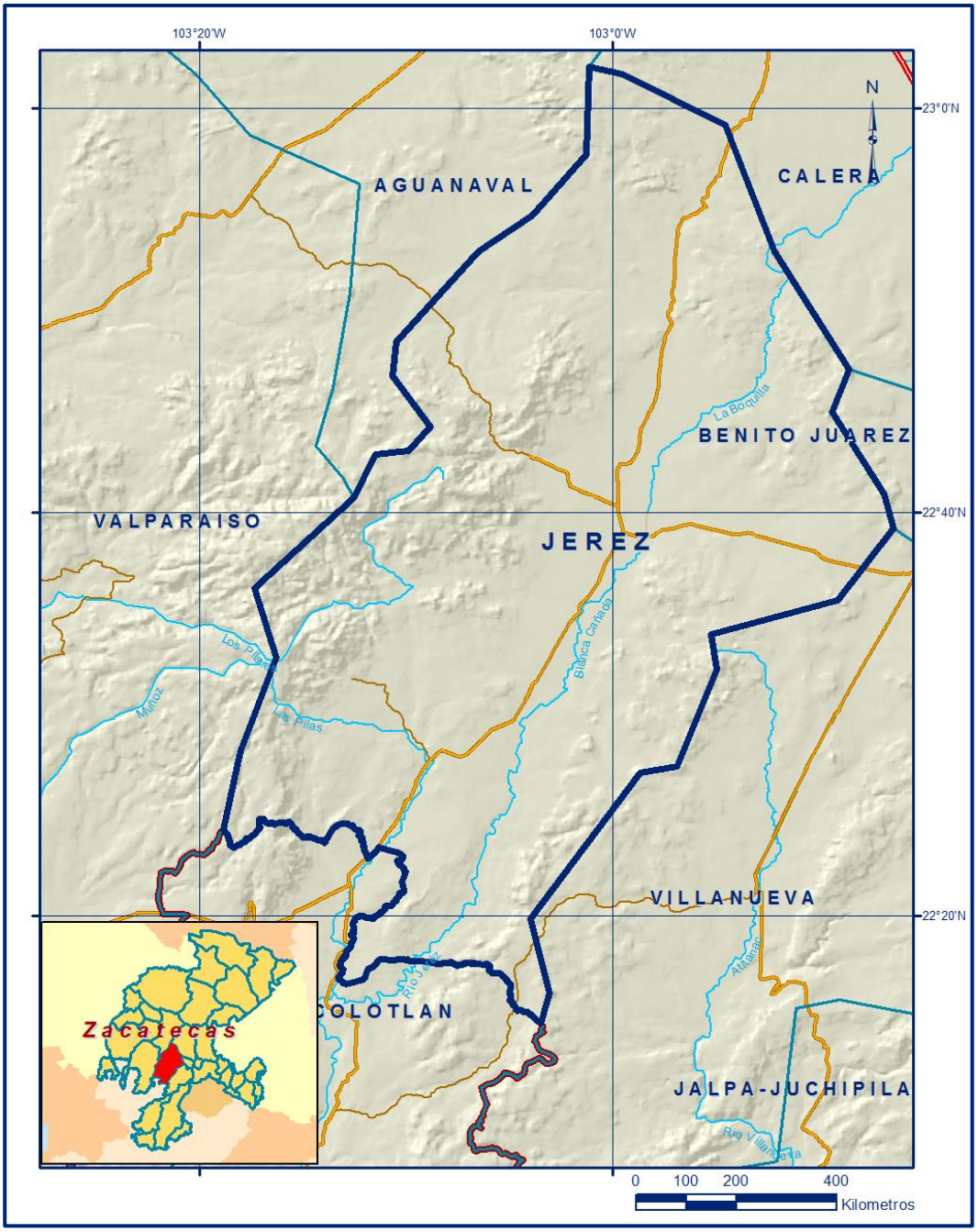


Figura 1. Localización del acuífero

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

ACUIFERO 3205 JEREZ							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	103	18	50.6	22	24	16.7	
2	103	18	1.4	22	28	8.4	
3	103	16	17.0	22	32	48.7	
4	103	17	19.0	22	36	13.6	
5	103	12	33.7	22	40	42.8	
6	103	11	29.5	22	42	51.3	
7	103	9	53.2	22	43	2.5	
8	103	8	49.0	22	44	14.7	
9	103	10	40.9	22	46	45.0	
10	103	10	29.9	22	48	27.0	
11	103	6	30.4	22	52	54.7	
12	103	3	53.9	22	54	42.5	
13	103	1	18.9	22	57	44.3	
14	103	1	10.1	23	2	4.9	
15	102	59	34.9	23	1	41.1	
16	102	54	35.7	22	59	12.4	
17	102	52	13.0	22	52	55.5	
18	102	48	36.1	22	47	3.9	
19	102	49	24.4	22	44	58.3	
20	102	46	53.7	22	40	55.7	
21	102	46	27.7	22	39	13.4	
22	102	49	7.2	22	35	38.4	
23	102	55	16.2	22	33	59.1	
24	102	54	58.4	22	32	13.5	
25	102	56	55.5	22	27	24.6	
26	102	58	42.4	22	27	5.5	
27	103	3	59.2	22	19	54.2	
28	103	3	4.5	22	16	10.2	
29	103	3	28.9	22	14	42.9	DEL 29 AL 1POR EL LIMITE ESTATAL
1	103	18	50.6	22	24	16.7	

Tabla 1. Coordenadas de la poligonal simplificada que delimitan al acuífero

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero pertenece a la Región Hidrológico-Administrativa VIII "Lerma-Santiago-Pacifico", al Consejo de Cuenca "Río Santiago", instalado el 14 de julio de 1999, y es jurisdicción territorial de la Dirección Local en el estado de Zacatecas. Su territorio completo se encuentra vedado y sujeto a las disposiciones de dos decretos de veda.

El primero rige en casi la totalidad de su superficie y es el "*Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en las zonas no vedadas, así como en el resto de los Municipios del Estado de Zacatecas y se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento, extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en los municipios señalados*", publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 5 de agosto de 1988. El segundo decreto rige en la porción norte, en su límite con el acuífero Calera, y es *el ""Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona del Estado de Zacatecas, que comprende la cuenca media del río Aguanaval y otros"*, publicado en el DOF el 16 de mayo de 1960. Ambos decretos son

tipo III, en los que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1.

El uso principal del agua subterránea es el agrícola. En la superficie del acuífero no se localiza ningún distrito o unidad de riego, ni se ha constituido a la fecha el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En el área que comprende el acuífero se han realizado varios estudios hidrogeológicos de evaluación; a continuación se citan los más importantes:

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PRELIMINAR DE LA CUENCA DE JEREZ, EN EL ESTADO DE ZACATECAS, Realizado en 1974 por Consultores S.A., para la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Entre sus actividades más importantes incluyó reconocimientos hidrogeológicos, censo de aprovechamientos, nivelación de brocales de pozos, piezometría, hidrometría de extracciones.

Realización de pruebas de bombeo y toma de muestras de agua para análisis fisicoquímicos. Los resultados del balance concluyen que el acuífero se encontraba en condición de equilibrio; la recarga total obtenida fue de 15.1 hm^3/año con una extracción por bombeo de 13.3 hm^3/año.

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DEL VALLE DE JEREZ, ESTADO DE ZACATECAS. Realizado en 1981 por Consultores S.A., para la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Consistió en una actualización del estudio anterior incluyendo además exploraciones geofísicas. Los resultados del balance concluyen que el acuífero se encontraba aún en condición de equilibrio dinámico, con una recarga total media anual de 28.5 hm^3, muy similar a la extracción por bombeo, que representaba un volumen de 26.7 hm^3/año.

ESTUDIO PARA LA REACTIVACIÓN DE REDES DE MONITOREO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE JEREZ. Realizado en 1998 por Estudios y Proyectos Moro S.A. de C.V., para la Comisión Nacional del Agua. Los trabajos contemplaron actualizar el conocimiento del flujo subterráneo y las mediciones piezométricas en pozos de la red de monitoreo, para elaborar las configuraciones de profundidad, elevación y evolución

de los niveles del agua subterránea, tomando en cuenta para ésta última información del año 1986. Recomienda la construcción de 4 piezómetros, por lo que la red total de la zona de estudio se conformaría por 36 sitios o nodos, separados entre sí a distancias que varían de 2 a 6 km.

ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO PARA ACTUALIZAR LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LOS ACUÍFEROS VILLANUEVA Y JEREZ, ESTADO DE ZACATECAS. Realizado en 2013 por la Universidad Autónoma de Zacatecas para la Comisión Nacional del Agua.

Su objetivo general fue actualizar el conocimiento de las condiciones geohidrológicas para establecer un diagnóstico de la evolución de los niveles del agua y contar con la información necesaria para determinar la recarga media anual del agua subterránea y su disponibilidad. Mediante la realización de actividades de campo como censo de aprovechamientos, piezometría, hidrometría de las extracciones, pruebas de bombeo y nivelación de brocales de pozos, fue posible actualizar el balance de aguas subterráneas para calcular la recarga total media anual.

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO JEREZ, ESTADO DE ZACATECAS, MÉXICO. Realizado por Núñez-Peña, E.P. et al., Universidad Autónoma de Zacatecas. Tecnología y Ciencias del Agua. Volumen VI, número 3, pp. 105-124.

Establece la caracterización hidrogeoquímica y la calidad del agua subterránea mediante análisis fisicoquímicos de 29 muestras de agua, que incluyeron las determinaciones de iones principales y elementos traza. Define la presencia de tres grupos o familias del agua asociadas a diferentes sistemas de flujo y, de manera general, agua de buena calidad; reporta la presencia de concentraciones de arsénico y flúor que superan el límite máximo permisible por la norma mexicana que restringe su utilización para consumo humano.

INFORMACIÓN PIEZOMÉTRICA DEL ACUÍFERO JEREZ, ZACATECAS. Comisión Nacional del Agua, Dirección Local Zacatecas, 2015. Se utilizó la información piezométrica para la elaboración de las configuraciones del nivel estático. El estudio realizado en 2013 y la piezometría obtenida por la Dirección Local Zacatecas, son la base para la elaboración del presente documento, por lo que sus conclusiones y resultados se analizan en los apartados correspondientes.

3 FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

De acuerdo a la clasificación fisiográfica de Erwin Raisz (1959), modificada por Ordoñez (1964), el área que cubre el acuífero se ubica completamente dentro de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental. Por otro lado, según con la regionalización fisiográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 1981), el acuífero se ubica en la Provincia Sierra Madre Occidental, Subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos.

La Sierra Madre Occidental se extiende en parte de los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco. Es un gran sistema montañoso que tiene su origen en el Terciario Inferior o Medio, cuando se inició la extrusión de gigantescos volúmenes de los materiales volcánicos que lo integran, cuyos espesores oscilan entre 1500 y 1800 m; en ella predominan rocas ácidas, ricas en sílice, e intermedias. Por su parte, la Subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos se caracteriza por sus sierras altas, de 2300 a 2700 msnm, alargadas en sentido norte-sur, frecuentemente rematadas por mesetas que alternan con valles, también alargadas en esa misma dirección.

Los pisos de los valles son de pendientes suaves, con mayor frecuencia presentan terrazas y lomeríos, que probablemente son producto de la erosión de antiguos pisos de valles más altos. El drenaje se dirige a través de los valles hacia el noreste y sólo en su porción austral se encuentran algunas corrientes que desembocan hacia el sur, en los ríos Verde y Grande de Santiago.

3.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García en 1964 para las condiciones de la República Mexicana, en la mayor superficie del acuífero domina el clima semiseco templado BS_1kw, que se caracteriza por presentar una temperatura media anual que varía entre 18 y 22 °C, la temperatura media del mes más frío es menor de 18 °C, con invierno fresco y régimen de lluvias en verano, con porcentaje de lluvias invernales entre 5 y 10.2.

En la porción occidental, en la Sierra de Cardos, se registra el clima templado C (w1) y C (w0), que se caracteriza por presentar una temperatura media anual que varía entre 18 y 22 °C y régimen de lluvias en verano, con porcentaje de lluvias invernales entre 5 y 10.2 y precipitación del mes más seco menor de 40 mm.

Para la determinación de las variables climatológicas se utilizó información de 8 estaciones climatológicas con influencia en el área del acuífero: Santa Rosa, El Peñasco, Ramón López Velarde, Malpaso, La Florida, Susticacán, Tepetongo y Achimec.

Con los registros obtenidos para diferentes periodos, el más grande 1947-2012 y el más corto 2001-2012, y utilizando el método de los Polígonos de Thiessen, se determinaron valores de precipitación, temperatura y evaporación potencial media anual de **504.5 mm, 16.7 °C** y **1,979.7 mm,** respectivamente.

El régimen pluvial presenta, en términos generales, dos períodos de ocurrencia: uno en verano de junio a septiembre, cuando se registran los valores más altos, y otro de lluvias invernales que se registran de noviembre a febrero, con precipitaciones menos significativas provocadas principalmente por los frentes fríos que afectan a la región. La temporada de total estiaje ocurre de marzo a mayo.

3.3 Hidrografía

La zona en la que se ubica el acuífero se localiza en la porción norte de la Región Hidrológica No. 12 “Lerma-Santiago”, Subregión Hidrológica Bajo Santiago, Cuenca Río Bolaños, Subcuenca del Río Jerez. En el área la corriente superficial de mayor importancia está representada por el Río Jerez, que es afluente del Río Colotlán, que confluye al Río Grande de Santiago. El Río Jerez, es de carácter intermitente, escurre en dirección norte-sur en la parte central del valle, sus principales afluentes son el Río Boca del Tesorero, que drena la parte norte y el Río El Cargadero, formado por varios arroyos pequeños que descienden de la Sierra de Cardos. Existen en la zona algunas presas de almacenamiento. Entre las cuales destacan por su capacidad de almacenamiento Ramón López Velarde (Boca del Tesorero), Ing. Antonio Campuzano (La Cuadrilla), Susticacán, Víboras, Lauro G. Caloca (Los Ríos), El Cargadero, El Ahuichote y El Cuidado; así como números bordos y tanques para abrevadero

3.4 Geomorfología

La región forma parte del sistema volcánico de la Sierra Madre Occidental, el valle en el que se aloja el acuífero se localiza en la porción central y está flanqueado por sierras. Los principales sistemas de topoformas que se observan son: en la porción central un piso amplio de valle, que presenta algunos lomeríos en su porción sur; este valle se encuentra bordeado en su región norte por sierras altas; en al occidente por sierras altas y sierras bajas con mesetas; al noreste por sierras bajas; y al oriente y sureste por sierras altas con mesetas. El principal sistema montañoso es la Sierra de Cardos,

ubicada al occidente de la zona, con elevaciones máximas del orden de los 2,790 msnm mientras que las elevaciones mínimas de 1,080 msnm se presentan en el valle. El drenaje en general es de tipo dendrítico. Por sus características, la región se ubica en una etapa geomorfológica de madurez temprana.

4 GEOLOGÍA

La geología der la región está representada por unidades del Terreno Guerrero y una cubierta de rocas ígneas de composición ácida y básica; las rocas cristalinas identificadas sólo afectan a las unidades del Terreno Guerrero (Carta Geológico-Minera Víctor Rosales F13-B57, escala 1:50,000. SGM, 2011) (figura 2).

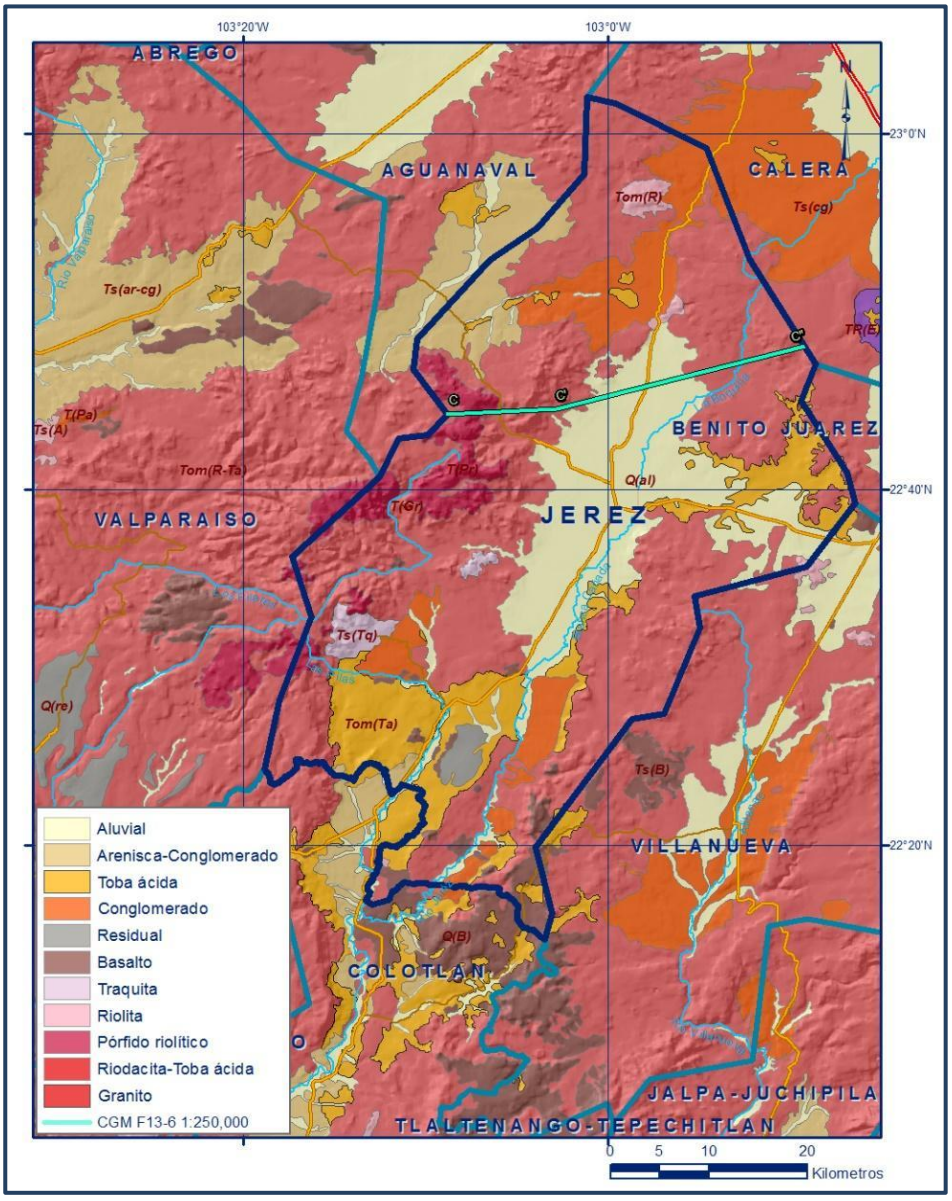


Figura 2. Geología general del acuífero

4.1 Estratigrafía

La estratigrafía de la región está representada por unidades litoestratigráficas de origen vulcano sedimentario con metamorfismo regional de bajo grado (facies de esquistos verdes), secuencias de rocas calcáreo-arcillosas y areno-arcillosas, rocas volcánicas básicas, intermedias y ácidas, rocas clásticas así como ígneas intrusivas e hipabisales, cuyas edades varían del Triásico Superior al Holoceno.

TRIASICO SUPERIOR

Formación Zacatecas

Nombre con el que Carrillo Bravo (1971) se refirió a una secuencia de filitas y metalutitas sericitizadas con nódulos de cuarzo, meta-areniscas, metatobas, metaconglomerados y metacalizas, interestratificadas con filitas, sobre las cuales sobreyacen transicionalmente metalavas de composición andesítico-basáltica; todas ellas con metamorfismo de facies de esquistos verdes, que afloran al noroeste y sureste de la ciudad de Zacatecas.

Con base en los restos fósiles Burckhardt y Scalia (1906), la dataron en el Triásico Superior.

Litológicamente está constituida por intercalaciones de estratos delgados de filitas, pizarras, capas gruesas y medias de cuarcitas y calizas. Las filitas son de color gris verdoso, con algunas tonalidades ocasionadas por el contenido de hematita diseminada; en lo que respecta a las pizarras, en ocasiones se encuentran silicificadas, son de color verde y se encuentran alternando con horizontes arcillosos.

Las cuarcitas son de color gris rosáceo amarillento, muy compactas; las calizas se presentan en forma de cuerpos lenticulares, de color gris y se encuentran recristalizadas. En las cuarcitas y filitas se llegan a presentar lentes de cuarzo lechoso, seguramente producto de los procesos hidrotermales.

En los trabajos consultados no se tiene reportado el espesor de la unidad, por lo que se asume que su potencia corresponde con los 1,000 m que le asignó Mc Ghee en 1977.

La base de la unidad no se observa, en tanto que su contacto superior con la Formación Chilitos es tectónico (Centeno, 1997). La edad estimada para esta formación es del Triásico Superior. Su depósito se considera que ocurrió en un ambiente marino marginal.

JURÁSICO SUPERIOR-CRETÁCICO INFERIOR

Formación Chilitos

Secuencia vulcanosedimentaria constituida en la base por lavas masivas y almohadilladas de composición basáltica-andesítica, con intercalaciones de lutitas y limolitas, rocas vulcanoclásticas y calcáreas, metamorfizadas en facies de esquistos verdes, que cabalgan a las rocas de la Formación Zacatecas, que por su contenido faunístico se le asignó una edad correspondiente Jurásico Superior-Cretácico Inferior. Aflora de manera aislada fuera del área del acuífero, en donde sus relaciones son discordantes con rocas volcánicas y sedimentarias continentales del Terciario. Al igual que la Formación Zacatecas, se encuentra afectada por apófisis de composición diorítica de edad tentativa Eoceno.

TERCIARIO

Riolitas-Ignimbritas

Unidad volcánica conformada por riolitas y en menor proporción ignimbritas, con intercalaciones de brechas, aglomerados y basaltos en algunas localidades restringidas. Generalmente forma gruesos espesores que constituyen escarpes debido al fallamiento en bloques que presentan. Aflora ampliamente en la mayor parte del área del acuífero, en las zonas topográficamente más altas. Estratigráficamente sobreyace concordantemente a la unidad volcánica ignimbrita-riolítica y subyace a una unidad de tobas riolíticas. Las rocas de esta unidad riolítica-ignimbrita se correlacionan con el Grupo Volcánico Superior de la Sierra Madre Occidental.

Ignimbritas-Riolitas

Secuencia que se caracteriza por la predominancia de las ignimbritas sobre las riolitas, con esporádicas intercalaciones de brechas riolíticas y basaltos; que presentan diferentes grados de alteración, fracturamiento y pseudoestratificación.

Por lo general se presenta sobreyaciendo concordantemente a las andesitas del Paleoceno-Eoceno en el Río Bolaños y subyaciendo, también en forma concordante, a la unidad riolítica ignimbrítica, en áreas aisladas cubre discordantemente a rocas vulcanosedimentarias del Jurásico-Cretácico y molásicas del Terciario.

Se le asignó una edad correspondiente al Oligoceno-Mioceno y se correlaciona con el Grupo Volcánico Superior de la Sierra Madre Occidental. Aflora ampliamente en la mayor parte del área del acuífero, en las zonas topográficamente más altas

Pórfido Riolítico

Este tipo de rocas subvolcánicas se presentan en forma de pequeños apófisis, domos y cuellos volcánicos, de diferentes tipos de texturas, como faneríticas con facies porfídicas y fracturadas. Afloran en la Sierra de los Cardos, ubicada al oeste del acuífero, en donde su espesor alcanza hasta 300 m.

Se les asigno una edad de Neógeno (Terciario Superior) aunque estudios realizados en el distrito minero Asientos-Tepezalá, ubicado al sureste, en el estado de Aguascalientes, la ubican en el Cretácico Superior-Terciario Inferior. Afecta parcialmente a las rocas de la Formación Chilitos y a las riolitas del Terciario.

Conglomerado polimíctico

Constituido por clásticos continentales de rocas volcánicas que se depositaron al concluir la actividad volcánica, cuya edad determinada por sus relaciones estratigráficas corresponde al Mioceno-Plioceno. En general cubre discordantemente a todas las unidades que le anteceden. Aflora ampliamente en la porción baja de los valles.

CUATERNARIO

Basaltos

Esta unidad máfica se presenta en forma de pequeños derrames aislados distribuidos en la zona, de color gris oscuro rojizo, con texturas afaníticas a faneriticas, ocasionalmente con vesículas y muy fracturados. Sus afloramientos se localizan al norte del acuífero, en las inmediaciones del poblado Víboras.

Estratigráficamente descansan discordantemente sobre depósitos de areniscas y conglomerados del Terciario Superior, así como también en forma discordante sobre depósitos aluviales del Cuaternario y rocas volcánicas ignimbríticas y riolíticas el Terciario; en otras localidades yace discordantemente sobre rocas volcánicas del Grupo Volcánico Superior Terciario. Por su posición estratigráfica, se le asignó una edad del Plio-cuaternario.

Aluvión

Unidad detrítica no consolida de origen aluvial y fluvial, constituida por depósitos recientes formados por sedimentos de formas subredondeadas a redondeadas que son producto de erosión de las rocas existentes, que rellenan los valles y márgenes de ríos y arroyos; así como como por los depósitos residuales y de piedemonte.

Litológicamente, los depósitos incluyen arenas de granulometría fina a gruesa, limos, arcillas, gravas y conglomerados mal cementados, bien a mal clasificados. Afloran ampliamente en la parte más baja de los valles, cubriendo discordantemente a rocas metamórficas del Triásico Superior y basaltos plio-cuaternarios. La edad asignada a esta unidad es del Holoceno.

4.2 Geología estructural

El dominio estructural es producto de esfuerzos compresivos provocados por la Orogenia Laramide y de diversos eventos distensivos manifestados durante el Cenozoico, como producto del reajuste en el movimiento de las placas tectónicas que afectaron a las rocas mesozoicas y cenozoicas de la región. *Las rocas metamórficas del Triásico Superior en el distrito minero de Zacatecas, presentan por lo menos dos eventos de deformación con metamorfismo regional de bajo grado*.

La presencia de contactos monolíticos, foliación casi plana, alargamiento y rotación de minerales y plegamiento isoclinal, indican que estas rocas sufrieron transporte tectónico y cabalgamiento con dirección noroeste. *Las secuencias vulcanosedimentarias mesozoicas generalmente presentan un intenso* plegamiento en dirección NW-SE con sinclinales y anticlinales volcados al noreste, llegando a desarrollar fallamientos inversos hacia el noreste y sureste.

La deformación dúctil se aprecia como una incipiente foliación con vergencia al NE en las rocas metasedimentarias y vulcanosedimentarias; la aloctonía y la deformación a las que fueron expuestas las formaciones Zacatecas y Chilitos, no facilita la adecuada interpretación de pliegues, los cuales son generalmente estructuras de cortas dimensiones y en parte afectadas por cabalgaduras que no se pueden cartografiar a la escala de trabajo. Con la interpretación del modelo digital del terreno y su posterior verificación en campo, se definieron, dentro del dominio frágil, parte de 3 bloques orientados NW-SE a N-S, limitados por fallas normales. Los bloques conforman el pilar Sierra Fría, ubicado en el sector septentrional y nor-oeste, la fosa Calera ubicada en el sector oriente y la fosa Tlaltenango, ubicada en el sector sur-poniente.

La tectónica del Triásico Superior se caracteriza por una transgresión marina que originó el depósito de una secuencia metasedimentaria turbidítica siliciclástica de tipo flysh, representada por la Formación Zacatecas, la cual se depositó en un ambiente de abanico submarino, en ambiente de cuenca post-arco, que hacia el oriente se conoce como la Cuenca Mesozoica del Centro de México.

En el Jurásico Inferior y Medio no hay reportes de la presencia de rocas marinas. Durante el Jurásico Medio-Jurásico Tardío, inicia una nueva subsidencia de la cuenca que da lugar a una transgresión generalizada, lo que originó una serie de fosas que fueron rellenadas por sedimentación de tipo calcáreo-arcilloso sobre un paleo-relieve irregular y en un ambiente de aguas someras. Para el Jurásico Superior-Cretácico Inferior, el mar se profundiza y favorece el depósito de una secuencia vulcanosedimentaria representada por la Formación Chilitos. Después de estos eventos ocurre magmatismo plutónico y se emplazan cuerpos intrusivos que se manifiestan como apófisis y diques dioríticos del Eoceno.

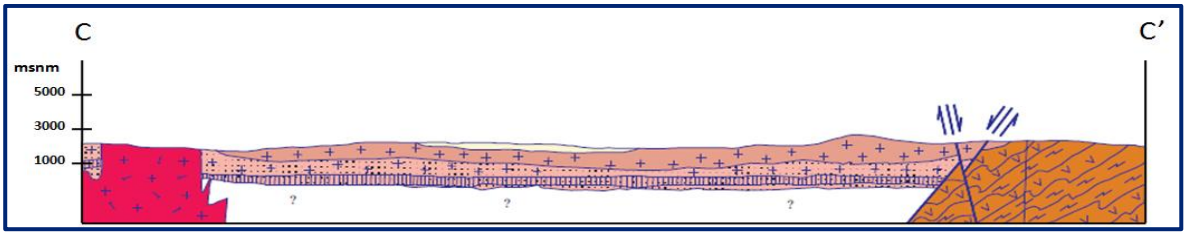
Para el Eoceno-Oligoceno-Mioceno, se interpreta que creció la intensidad del ángulo de la placa del Pacífico, y por lo tanto retrocede el arco magmático continental hacia el poniente, fenómeno que provocó que la corteza continental fuera fragmentada, ocasionando la formación de una serie de fosas y pilares tectónicos cuyos límites se convirtieron en los conductos de emisiones del paquete ignimbrítico-riolítico, y de flujos riolíticos que cubrieron a las rocas deformadas preexistentes.

Las rocas volcánicas del Oligoceno Tardío y el Mioceno Temprano cubren el segmento sur del bloque de la Mesa Central, formando un extenso campo de domos y tapones riolíticos. A finales del Mioceno y el Plioceno, las fosas tectónicas se rellenaron con potentes espesores de clastos provenientes de la erosión de las rocas preexistentes, dando origen a la formación del conglomerado polimíctico. Durante el Cuaternario existen evidencias de coladas de basalto fisural y continuó el relleno de las fosas tectónicas con sedimentos clásticos de origen aluvial (Carta Geológico-Minera Víctor Rosales F13-B57, escala 1:50,000. SGM, 2011).

4.3 Geología del subsuelo

De acuerdo con la información geológica y geofísica del acuífero, cortes litológicos de pozos y por correlación con acuíferos vecinos, es posible afirmar que el acuífero se encuentra constituido, en su porción superior, por los depósitos granulares de origen aluvial y fluvial de granulometría variada, desde gravas hasta arcillas, y los conglomerados polimícticos que rellenan los valles, cuyo espesor varía desde algunos metros hacia los flancos de las sierras, hasta 300 m en la porción central.

Esta es la unidad que principalmente se explota para satisfacer las necesidades de agua de la zona. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas volcánicas entre las que predominan riolitas e ignimbritas y menor proporción tobas ácidas y basaltos, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento (figura 3).



Fuente: Carta Geológica-Minera F13-6, Zacatecas. Esc. 1:250,000 (SGM, 1997)

Figura 3. Secciones Geológicas Esquemáticas

Las fronteras y barreras al flujo subterráneo, así como el basamento geohidrológico del acuífero, están representadas por las mismas rocas sedimentarias y volcánicas cuando se presentan inalteradas y al desaparecer el fracturamiento a profundidad, así como por rocas intrusivas, vulcanosedimentarias y metasedimentarias.

5 HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

El acuífero está constituido por sedimentos clásticos, depositados en una fosa de origen tectónico, ocasionado posiblemente por el fallamiento tipo graben provocado por la tectónica distensiva desarrollada durante el Oligoceno, sin embargo no se tiene confirmado la existencia de estas fallas normales de dimensiones regionales.

Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas, permiten definir la presencia de un acuífero de **tipo libre**, heterogéneo y anisótropo, constituido por un medio granular y otro fracturado. La porción superior está conformada por sedimentos aluviales, de granulometría variada, y conglomerados polimícticos, cuyo espesor puede alcanzar varios cientos de metros en el centro del valle.

Esta es la unidad que se explota principalmente para satisfacer las necesidades de agua en la región. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas volcánicas de composición riolítica y en menor proporción basáltica, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento.

5.2 Parámetros hidráulicos

Como parte de las actividades del estudio realizado en el 2013, se ejecutaron 5 pruebas de bombeo y adicionalmente se cuenta con información de 40 pruebas más realizadas en otros estudios previos (SARH, 1974 y 1981), todas ellas de corta duración, tanto en etapa de abatimiento como de recuperación.

Los resultados de su interpretación por los métodos analíticos convencionales indican que los valores medios de transmisividad varían de **5.3 x 10^{-5} m^2/s** a **14.0 x 10^{-3} m^2/s.**

Tomando en cuenta un espesor saturado promedio de 50 m, los valores de conductividad hidráulica varían entre **10.6 x10^{-7}** y **2.8 x10^{-4} m/s (0.1 a 24.2 m/d)**.

Ninguna prueba de bombeo contó con pozo de observación por lo que no fue posible estimar el valor del coeficiente de almacenamiento.

Sin embargo, para fines del balance de aguas subterráneas, considerando el tipo y características de los materiales que constituyen el subsuelo de la región, se adoptó un valor de rendimiento específico promedio de 0.05.

5.3 Piezometría

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea, se cuenta con la información recabada como parte de las actividades de los estudios realizados en 2013 así como la piezometría recabada por la Dirección Local de la Comisión Nacional del Agua para varios años.

Para el balance de aguas subterráneas se eligió el periodo 2010-2014, que es el que tiene mayor cobertura espacial.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

La configuración de profundidad al nivel estático para el año 2014 muestra que los valores variaban, de manera general, de 30 a 80 m, los cuales se incrementan por efecto de la topografía desde el centro de los valles hacia las estribaciones de las sierras que los delimitan.

Los niveles estáticos someros, de 30 a 40 m.

Se presentan en la región central y al norte de Jerez, a lo largo del curso del Río Jerez, desde la zona ubicada al este de Tepetongo hasta Jerez y El Durazno; en tanto que los más profundos, de 60 a 80 m, se registran en la porción central del valle, hacia las zonas topográficamente más altas, desde Arroyo de Abajo en el sur, hasta Los Aros en el norte (figura 4).

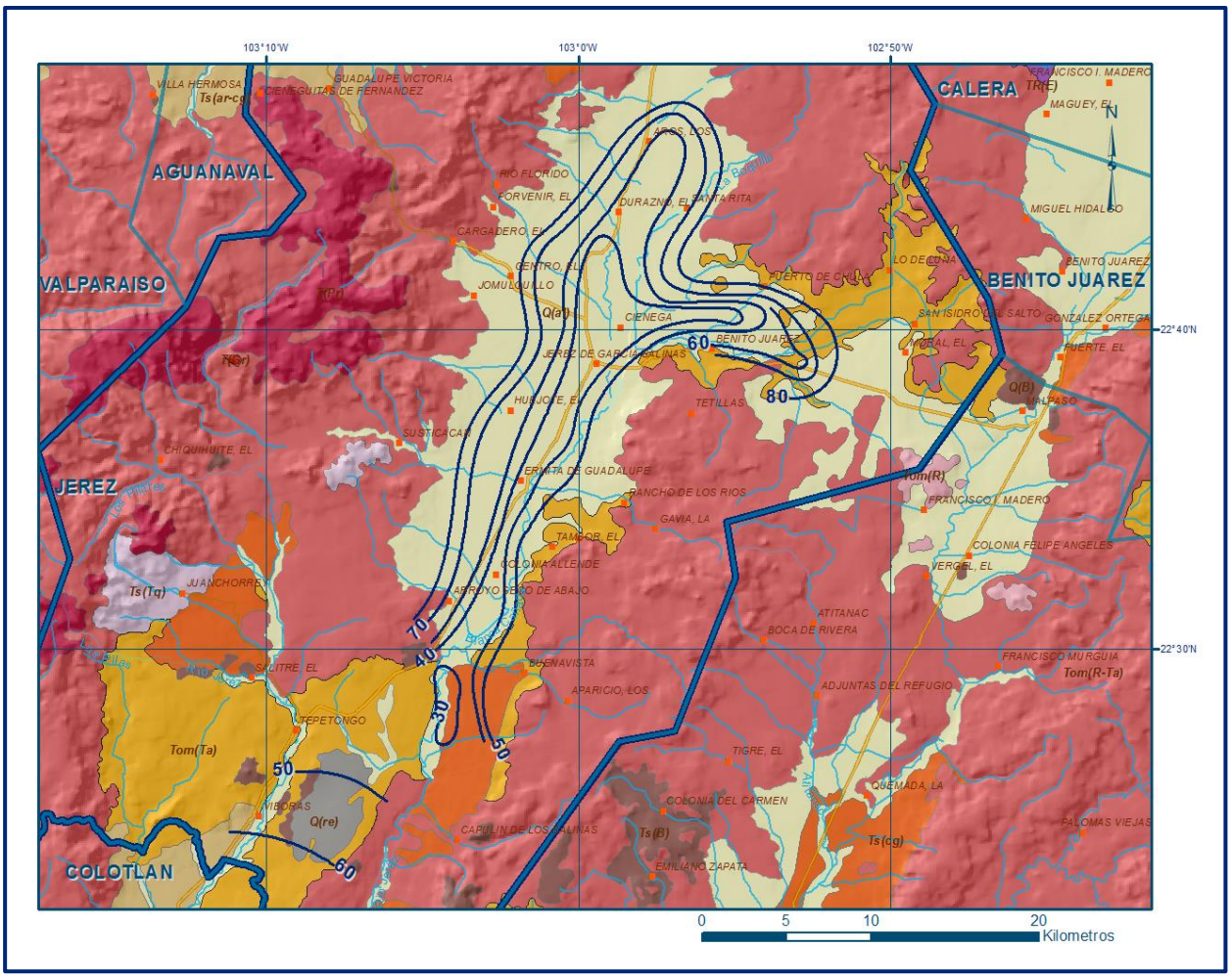


Figura 4. Profundidad al nivel estático en m (2014)

5.4.2 Elevación del nivel estático

La elevación del nivel estático en 2014 registró valores que variaron de 2100 a 1890 msnm, los cuales decrecen desde la porción norte del acuífero hacia el valle aluvial localizado en la región centro y continuar hacia sur, mostrando de esta manera una dirección preferencial del flujo subterráneo norte-sur y noreste suroeste.

Con alimentaciones provenientes de los flancos oriental y occidental, y finalmente tiende a dirigirse hacia el acuífero Colotlán, en el estado de Jalisco, a través del cañón del Río Jerez.

En la porción sur del acuífero la dirección del flujo es contraria, es decir de suroeste-noreste y se dirige también hacia al cañón del río. Las menores elevaciones, de 1890 a 1920 msnm, se registran en la porción sur del acuífero, hacia el cauce del Rio Jerez y al

sur del poblado Tepetongo; en tanto que las mayores elevaciones, de 2060 a 2100, se presentan al norte (figura 5).

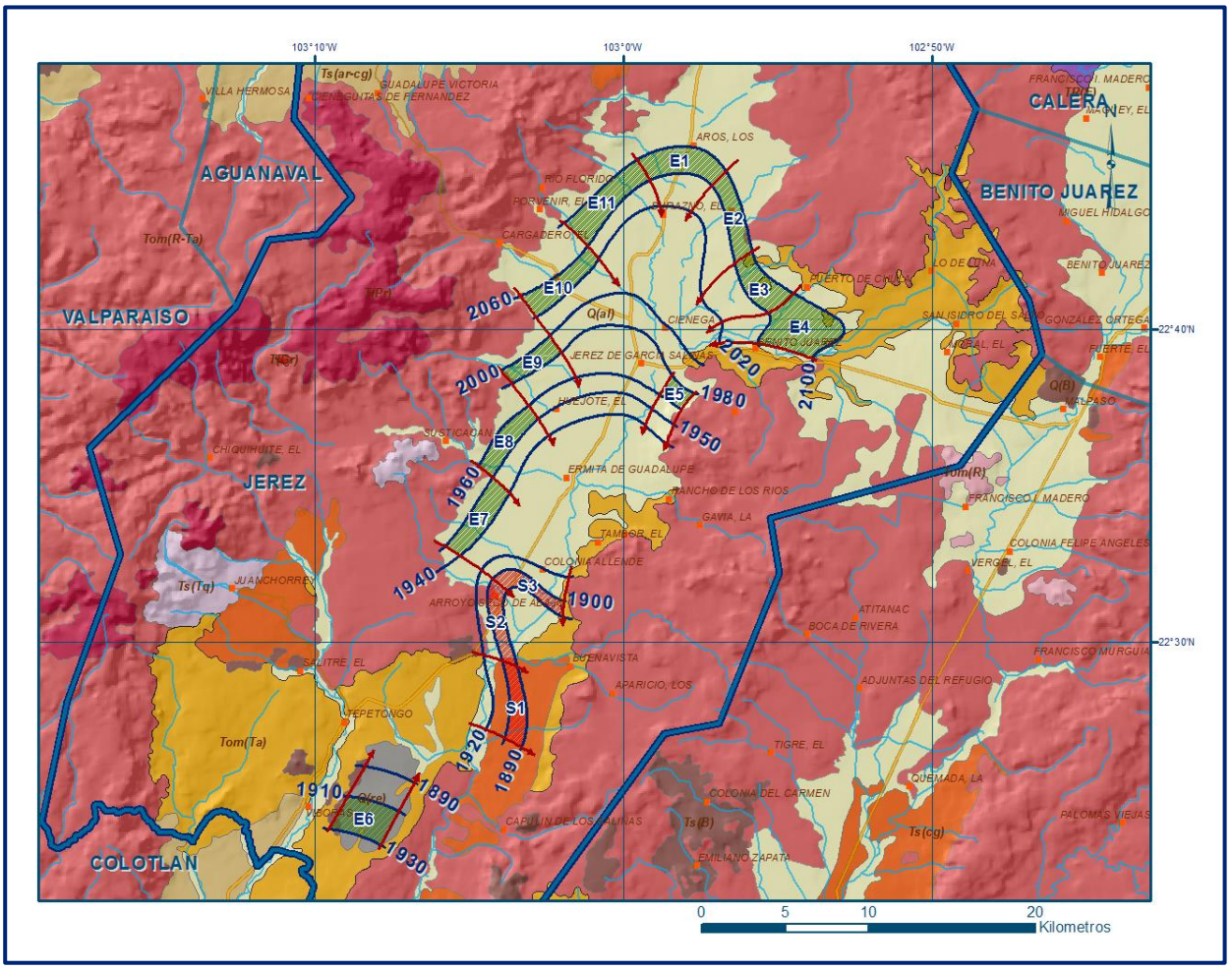


Figura 5. Elevación del nivel estático en msnm (2014)

5.4.3 Evolución del nivel estático

La configuración de evolución del nivel estático para el periodo 2010-2014 registra valores de abatimiento en la región central del acuífero, que varían de 2 a 4 m.

Con valores puntuales de hasta 6 m. En toda la porción central del valle, a lo largo del Río Jerez, el abatimiento es de 1 a 2 m para el periodo analizado, es decir de 0.4 m anuales, con un pequeño cono de abatimiento definido en las inmediaciones del poblado Colonia Allende. En la superficie restante del valle no se observan cambios significativos en la porción de los niveles del agua subterránea (figura 6).

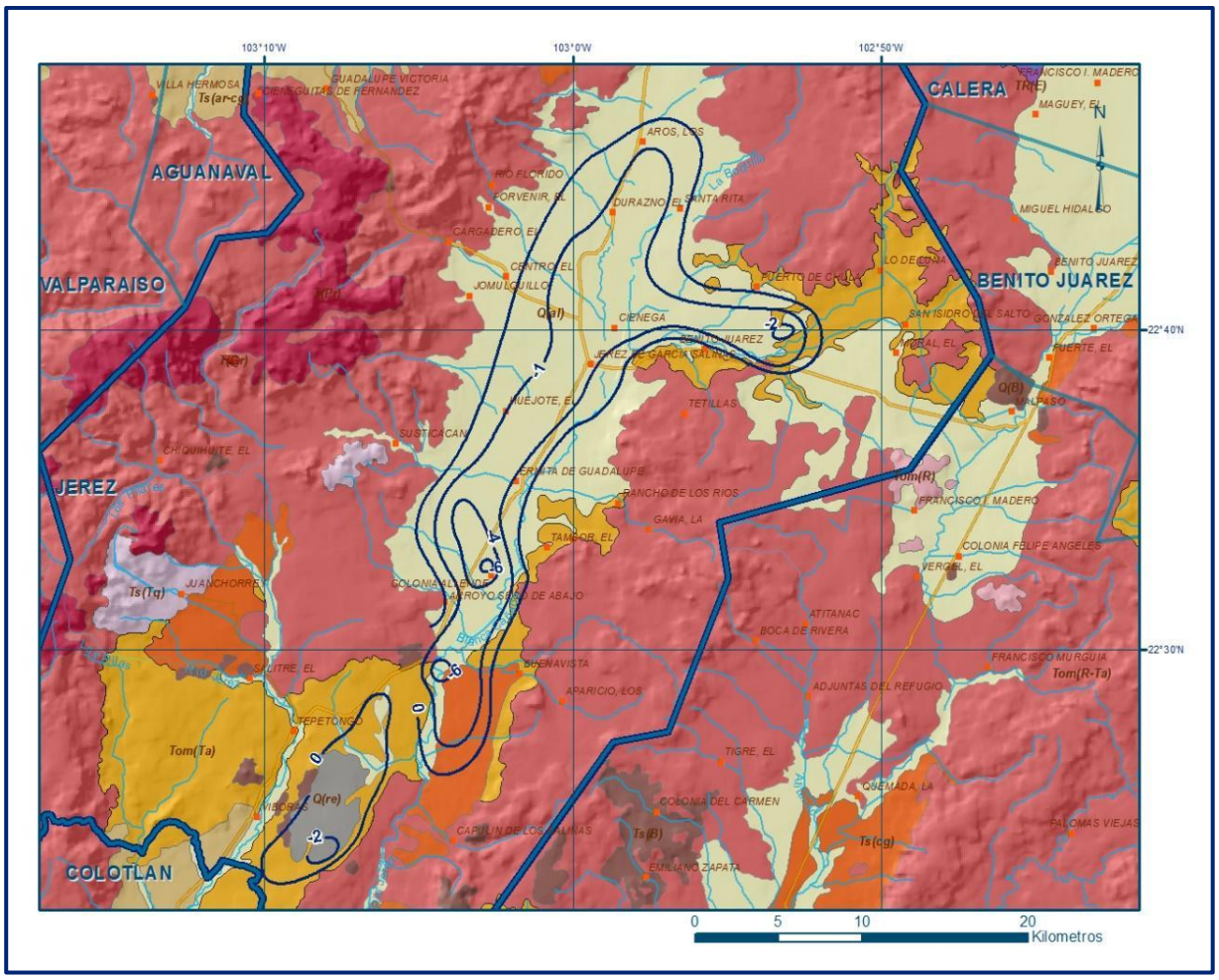


Figura 6. Evolución del nivel estático en m (2010-2014)

5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Como parte de las actividades de campo consideradas en los estudios realizados en 2013, se tomaron 22 muestras de agua subterránea, en aprovechamientos distribuidos en la zona de explotación, para la caracterización hidrogeoquímica y su análisis fisicoquímico correspondiente.

Las determinaciones incluyeron parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, potencial de hidrógeno (pH), dureza total, alcalinidad, así como iones principales. Adicionalmente, en 2015 se recolectaron 29 muestras más cuyas determinaciones incluyeron, además de las mencionadas del estudio realizado en 2013, nitratos y elementos traza como F, Li, B, V, Mn, Fe, Zn, Ge y As (Núñez-Peña et al., 2015)

De los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos, se determina que los valores de concentración de sólidos totales disueltos (STD) varían de 140 a 398 mg/l, que no

superan el límite máximo permisible de 1000 mg/l establecido por la modificación a la NOM-127-SSA1-2021 “Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo del 2022. de STD, para el agua destinada al consumo humano.

De acuerdo con la clasificación establecida por la American Public Health Association (APHA, 1995), el agua del acuífero se clasifica como agua dulce, ya que los valores de conductividad eléctrica son inferiores a 2000 ⁄S/cm y presentan valores extremos de 210 a 745 µS/cm.

Los valores más altos de STD y conductividad eléctrica se registran al sur del acuífero y se incrementan en dirección general norte-sur, confirmando con ello la dirección preferencial del flujo subterráneo.

Las temperaturas registradas varían de 19.8 a 40.8 °C en tanto que el pH medido fluctúa entre **7.1 a 8.6**. Los valores altos de temperatura del agua y pH se presentan en aguas termales, cuyas manifestaciones se presentan en la porción sur del acuífero, posiblemente asociadas a la presencia de fallas en las rocas volcánicas

De acuerdo a las concentraciones de elementos mayores por ion dominante, se clasificaron las muestras en el diagrama de Piper y se identificó la presencia de tres grupos o familias del agua: bicarbonatada-sódica, bicarbonatada mixta y bicarbonatada cálcica.
La primera tiene el mayor tiempo de residencia relativa, circula en el medio fracturado a través de rocas vulcanoclásticas y debido a que registra las mayores concentraciones de F y las más altas temperaturas, se infiere que representan un sistema de flujo regional.

La segunda familia presenta temperaturas medias, circula por el medio granular y se le relaciona probablemente con sistemas de flujo intermedio; por último, la familia bicarbonatada-cálcica tiene las menores concentraciones de Cl, que la identifica con sistemas de flujo local que transitan en el medio granular con el menor tiempo de residencia relativa (Núñez-Peña et al., 2015)

Por otra parte, de acuerdo con el criterio de Wilcox, que relaciona la conductividad eléctrica con la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), la totalidad de las muestras de agua se clasifican como C_1S_1 y C_2S_1, que representan agua de baja y media salinidad

con bajo contenido de sodio intercambiable, respectivamente, que se considera apta para el uso agrícola, sin restricción alguna en el tipo de cultivos y suelos.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

De acuerdo con la información del censo de aprovechamientos, llevado a cabo como parte del estudio realizado en el año 2013, se registraron un total de 561 obras que aprovechan el agua subterránea, 176 pozos, 338 norias y 47 manantiales; de las cuales 514 están activas y 47 se consideran inactivas.

De las obras activas, 308 se destinan al uso agrícola, 184 para uso público-urbano y 22 más para usos doméstico y pecuario

El volumen de extracción asciende a **54.1 hm³ anuales**, de los cuales 44.6 hm³ (82.4 %) se destinan al uso agrícola, 9.4 hm³ (17.4%) para abastecimiento de agua potable a las comunidades de la región, 0.1 hm³ (0.2%) para usos pecuario y doméstico.

Adicionalmente, a través de **47 manantiales** se descarga un caudal de 255 lps, que equivalen a **8.0 hm³** anuales, destinados a los usos agrícola, público urbano, pecuario y doméstico.

7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El balance de agua subterránea se planteó para el periodo 2010-2014, en una superficie de **752 km²**, que corresponde a la zona donde se cuenta con información piezométrica y en la que se localiza la mayoría de los aprovechamientos subterráneos.

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga) y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero en el periodo de tiempo establecido. La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de masa es la siguiente:

Entradas (E) - Salidas (S) = Cambio de masa

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa por el cambio de almacenamiento del acuífero:

Recarga total - Descarga total = Cambio de almacenamiento

7.1 Entradas

De acuerdo con el modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico del acuífero, la recarga total que recibe (R) ocurre por tres procesos naturales principales: por infiltración de agua de lluvia que se precipita en el valle y a lo largo de los ríos principales, que en conjunto se consideran como recarga vertical (Rv), y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo horizontal

7.1.1 Recarga vertical (Rv)

De manera incidental, la infiltración de los excedentes del agua destinada al uso agrícola, que representa la ineficiencia en la aplicación del riego en la parcela; del agua residual de las descargas urbanas y de las pérdidas en la red de distribución de agua potable, constituyen otra fuente de recarga al acuífero (Ri). Para este caso, debido a que los volúmenes utilizados para uso público-urbano son incipientes, solo se considera la infiltración de los excedentes del agua destinada al uso agrícola (Rr). Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que se tiene información para calcular el cambio de almacenamiento (ΔVS), así como las entradas y salidas por flujo subterráneo, este valor es la incógnita a despejar en la ecuación de balance.

$$Rv + Eh + Rr - B - Sh - Dm = \pm \Delta V(S) \qquad (1)$$

Donde:

Rv: Recarga vertical
Eh: Entradas por flujo subterráneo horizontal
Rr: Recarga Incidental por retornos de riego
B: Bombeo
Dm: Descarga a través de manantiales
Sh: Salidas por flujo subterráneo horizontal
ΔV(S): Cambio de almacenamiento

De esta manera, despejando la recarga vertical:

$$Rv = B + Sh + Dm + \Delta V(S) - Eh - Rr \qquad (2)$$

7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh)

Una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas topográficamente más altas del acuífero se infiltra por las fracturas de las rocas que forman parte de ellas y a través de los piedemonte, para posteriormente recargar al acuífero en forma de

flujos subterráneos que alimentan la zona de explotación. La recarga al acuífero tiene su origen en la precipitación pluvial sobre e la llanura y en la infiltración de los escurrimientos superficiales. El cálculo de entradas por flujo horizontal se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático para el año 2014 (figura 5), mediante la siguiente expresión:

$$Q = T * B * i$$

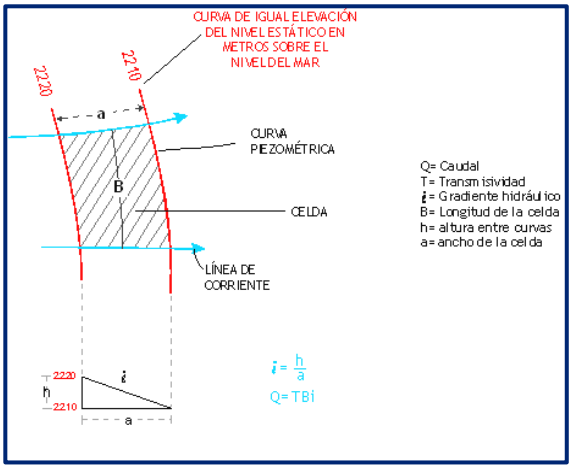
Donde:

Q= Gasto;

T= Transmisividad;

B= Longitud de la celda;

i= Gradiente hidráulico;



La recarga total por flujo horizontal es la suma de los caudales de cada una de las celdas establecidas, en la tabla 2 se observan los valores obtenidos en cada celda. El volumen total de entradas por flujo subterráneo horizontal asciende a **26.1 hm³/año**.

Tabla 2. Cálculo de las entradas por flujo subterráneo horizontal (2014)

CELDA	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	h_2-h_1 (m)	Gradiente i	T (m^2/s)	CAUDAL Q (m^3/s)	VOLUMEN (hm^3/año)
E1	4600	1880	40	0.0213	0.0005	0.0489	1.5
E2	5850	1150	40	0.0348	0.0013	0.2645	8.3
E3	2925	1670	40	0.0240	0.0015	0.1051	3.3
E4	3135	3345	40	0.0120	0.0015	0.0562	1.8
E5	1670	1250	20	0.0160	0.0020	0.0534	1.7
E6	3550	2300	20	0.0087	0.0025	0.0772	2.4
E7	5430	1045	10	0.0096	0.0010	0.0520	1.6
E8	4600	1460	10	0.0068	0.0010	0.0315	1.0
E9	3760	1360	20	0.0147	0.0005	0.0276	0.9
E10	5015	1775	40	0.0225	0.0005	0.0565	1.8
E11	5225	1880	40	0.0213	0.0005	0.0556	1.8
						Total entradas	**26.1**

Los valores de transmisividad utilizados para el cálculo de las entradas y salidas subterráneas, fueron obtenidos de pruebas de bombeo realizadas en estudios previos, es este acuífero y otros vecinos que tienen el mismo origen, evolución y constitución geológica.

7.1.3 Recarga incidental (Rr)

Aún en sistemas de riego muy eficientes, un cierto volumen del agua aplicada en el riego no es usado como uso consuntivo, se infiltra y eventualmente alcanza la

superficie freática, dependiendo de propiedades del suelo, de las condiciones climáticas y de la profundidad al nivel estático. Esta contribución al acuífero se le conoce como retorno de riego y según Jacob Bear (1970) su valor varía entre el 20 y 40 % del volumen usado en la irrigación.

Debido a la falta de información de láminas de riego por cultivo, se consideró que un 10% del volumen aplicado al uso agrícola retorna al acuífero en forma de recarga incidental, tomando en cuenta la profundidad al nivel del agua subterránea mayor a 40 m en la zona agrícola y la presencia de estratos de permeabilidad media a baja en el subsuelo. De esta manera si el volumen para uso agrícola es de 44.6 hm^3 anuales, el retorno agrícola es de 4.5 hm^3 anuales. **Rr = 4.5 hm^3 anuales**

7.2 Salidas

La descarga del acuífero ocurre de manera artificial por bombeo (B), y en forma natural mediante salidas subterráneas horizontales (Sh) y a través de manantiales (Dm).

7.2.1 Extracción por bombeo (B)

Como se menciona en el apartado de censo e hidrometría, el valor calculado de la extracción por bombeo es de **54.1 hm^3 anuales**.

7.2.2 Descargas a través de manantiales (Dm)

El caudal conjunto que descargan los 47 manantiales se estimó en 255 lps, que representan un volumen anual de 8.0 hm^3. **Dm = 8.0 hm^3/año.**

7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)

Las salidas subterráneas fueron calculadas de la misma manera como se evaluaron las entradas subterráneas, a partir de la configuración de elevación del nivel estático del 2014, mostrada en la figura 5. En la tabla 3 se muestra el detalle del cálculo. El volumen total de salidas por flujo subterráneo horizontal asciende a **1.7 hm^3/año.**

Tabla 3. Cálculo de las salidas por flujo horizontal (2014)

CELDA	LONGITUD B (m)	ANCHO a (m)	h_2-h_1 (m)	Gradiente i	T (m^2/s)	CAUDAL Q (m^3/s)	VOLUMEN (hm^3/año)
S1	5015	940	10	0.0106	0.0003	0.0160	0.5
S2	3550	835	10	0.0120	0.0003	0.0128	0.4
S3	3135	1010	10	0.0099	0.0008	0.0248	0.8
						Tota salidas	1.7

7.3 Cambio de almacenamiento (ΔVS)

Para la estimación del cambio de almacenamiento se tomó en cuenta la configuración de la evolución del nivel estático registrada durante el periodo 2010-2014 (figura 6). Con base en ella y tomando en cuenta un valor promedio de rendimiento específico Sy de 0.05, se determinó la variación del almacenamiento mediante la siguiente expresión:

$$\Delta V(S) = S * A * h$$

Donde:

ΔVS: Cambio de almacenamiento en el período analizado
S: Coeficiente de almacenamiento promedio de la zona de balance
A: Área de influencia de curvas de igual evolución del nivel estático (km²)
h: Valor de la variación piezométrica en el período (m)

Como consecuencia de la explotación del recurso, la posición de los niveles piezométricos ha descendido propiciando una variación negativa del almacenamiento.

El volumen de agua drenado en el intervalo 2010–2014, fue de -41.3 hm³, que representa un promedio anual de **-10.3 hm³** (tabla 4).

Tabla 4. Cálculo del cambio de almacenamiento (2010-2014)

Evolución (m)	Abatimiento medio (m)	Área (km²)	Sy	ΔV(S) (hm³/año)
-6	-6	2.4	0.05	-0.7
-2	-2	4.3	0.05	-0.4
-4 a -6	-5	10.8	0.05	-2.7
0 a -2	-1	53.7	0.05	-2.7
-1 a -4	-2.5	188.3	0.05	-23.5
0 a -1	-0.5	450.5	0.05	-11.3
Área Total		**710.0**	**TOTAL**	**-41.3**
		Promedio anual		**-10.3**

Solución de la ecuación de balance

Una vez calculadas las componentes de la ecuación de balance, procedemos a evaluar la recarga vertical por lluvia e infiltraciones, mediante la expresión (2), que fue establecida con anterioridad:

$$Rv = B + Sh + Dm + \Delta V(S) - Eh - Rr$$

Rv= 54.1 + 1.7 + 8.0 – 10.3 – 26.1 – 4.5

Rv = 22.9

De esta manera, la recarga total media anual estará definida por la suma de todas las entradas:

R = Rv + Eh + Ri

R = 22.9 + 26.1 + 4.5

R = 53.5 hm³ anuales

8 DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, 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, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA DEL SUBSUELO EN UN ACUÍFERO	=	RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL	-	DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA	-	EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Donde:

DMA = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero
R = Recarga total media anual
DNC = Descarga natural comprometida
VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, tanto en forma de recarga natural como retorno de riego. Para este caso su valor es **53.5 hm³/año,** de los cuales 49.0 hm³ son recarga natural y 4.5 hm³ recarga incidental

8.2 Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas

que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero. Para el caso de este acuífero la descarga natural comprometida es **8.0 hm³ anuales**, que corresponden a la descarga a través de los manantiales. Por lo tanto, **DNC = 8.0 hm³ anuales.**

8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

La extracción de aguas subterráneas se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), los volúmenes de agua que se encuentren en proceso de registro y titulación y, en su caso, los volúmenes de agua correspondientes a reservas, reglamentos y programación hídrica, todos ellos referidos a una fecha de corte específica.

En el caso de los acuíferos en zonas de libre alumbramiento, la extracción de aguas subterráneas será equivalente a la suma de los volúmenes de agua estimados con base en los estudios técnicos, que sean efectivamente extraídos, aunque no hayan sido titulados ni registrados, y en su caso, los volúmenes de agua concesionados de la parte vedada del mismo acuífero.

Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de **54,082,587 m³ anuales,** que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022.**

8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA)

La disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas.

DMA = R – DNC – VEAS

DMA = 53.5 – 8.0 – 54.082587

DMA = -8.582587 hm³/año.

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **8,582,587 m³ anuales.**

9 BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua, 2002. Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Jerez, estado de Zacatecas.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), 1974. Estudio Geohidrológico Preliminar de la Cuenca de Jerez, en el estado de Zacatecas, realizado por Consultores S.A.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), 1981. Estudio Geohidrológico del Valle de Jerez, estado de Zacatecas, realizado por Consultores S.A.