



**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**

**GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL  
ACUÍFERO JOSEFA ORTIZ DE DOMÍNGUEZ (0829), ESTADO  
DE CHIHUAHUA.**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
Antecedentes.....	2
1.1 Localización.....	2
2.1 Situación administrativa del acuífero .....	4
<b>2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD .....</b>	<b>4</b>
<b>3. FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>6</b>
3.1 Provincia fisiográfica.....	6
3.2 Clima.....	7
3.3 Hidrografía .....	8
3.4 Geomorfología.....	9
<b>4. GEOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
4.1 Estratigrafía .....	11
4.2 Geología estructural.....	14
4.3 Geología del subsuelo.....	14
<b>5. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
5.1 Tipo de acuífero .....	17
5.1 Parámetros hidráulicos.....	18
5.2 Piezometría .....	19
5.3 Comportamiento hidráulico.....	19
5.3.1 Profundidad al nivel estático.....	19
5.3.2 Elevación del nivel estático.....	21
5.3.3 Evolución del nivel estático .....	21
5.4 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.....	22
<b>6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA .....</b>	<b>22</b>
<b>7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>23</b>
7.1 Entradas.....	23
7.1.1 Recarga vertical (Rv) .....	24
7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal (Eh) .....	24
7.1.3 Retorno de riego (Rr) .....	25
7.2 Salidas.....	26
7.2.1 Bombeo (B).....	26
7.3 Cambio de almacenamiento ( $\Delta VS$ ).....	26
<b>8. DISPONIBILIDAD .....</b>	<b>27</b>
8.1 Recarga total media anual (R).....	27
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	28
8.3 Volumen de extracción de agua subterránea (VEAS) .....	28
8.4 Disponibilidad media anual de aguas subterráneas (DMA).....	28
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>30</b>

## **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-2000 “Norma Oficial Mexicana que establece 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 concesionado vigente en el Registro Público de Derechos del Agua (REPGA).

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 Josefa Ortiz de Domínguez, definido con la clave 0829 por la Comisión Nacional del Agua, se ubica en la porción noroccidental del estado de Chihuahua entre las coordenadas geográficas 31°37' a 31°47' de latitud norte y 107°48'53" a 108°01'10" de longitud oeste, comprendiendo una extensión de aproximadamente 245 km<sup>2</sup> (Figura 1).

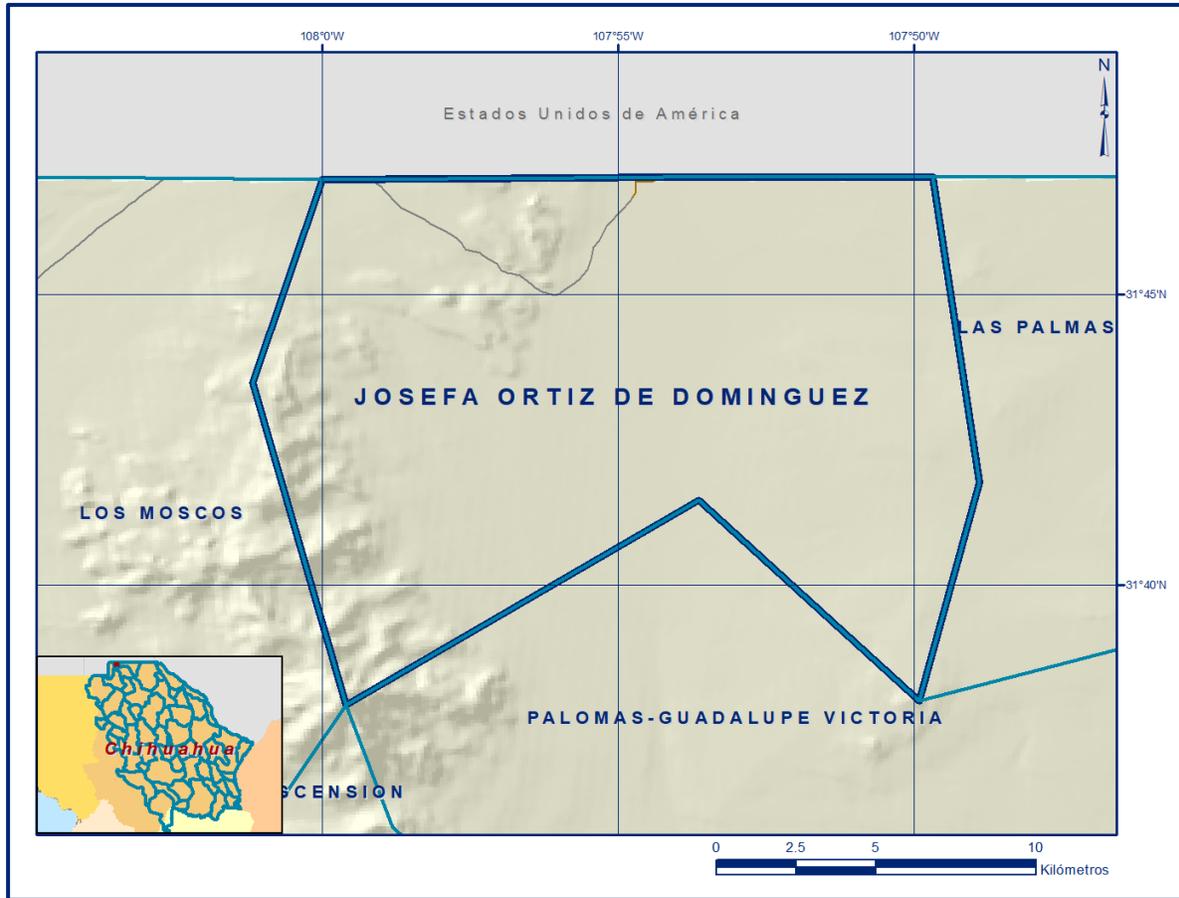


Figura 1. Localización del acuífero

Limita al norte con los Estados Unidos de Norteamérica, al sur con el acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, al oeste con Los Moscos y al este con el acuífero Las Palmas, todos ellos pertenecientes al estado de Chihuahua. Geopolíticamente, el acuífero se encuentra totalmente comprendido en el municipio de Ascensión.

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

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 0829 JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	107	49	40.7	31	47	1.3	
2	107	48	53.5	31	41	45.5	
3	107	49	54.6	31	38	0.3	
4	107	53	37.8	31	41	27.9	
5	107	59	36.3	31	37	55.9	
6	108	1	10.3	31	43	28.8	
7	107	59	59.9	31	46	59.0	del 7 al 1 por el límite estatal
1	107	49	40.7	31	47	1.3	

## 2.1 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Josefa Ortiz de Domínguez pertenece al Organismo de Cuenca Río Bravo y es jurisdicción territorial de la Dirección Local de Chihuahua. Su territorio completo se encuentra sujeto a las disposiciones del “Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en una superficie comprendida en los límites geopolíticos de los Municipios de Ascensión y Janos, Chih., y se establece veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento del subsuelo en la región mencionada”, publicado en el DOF el 25 de abril de 1979. Este decreto es tipo II, en el que la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite extracciones para usos domésticos.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua de 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 2.

El usuario principal del agua subterránea es el agrícola. En su territorio no se localiza distrito o unidad de riego alguna, ni tampoco se ha constituido hasta la fecha el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

## 2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En la superficie que cubre el acuífero sólo se ha llevado a cabo un estudio geohidrológico de evaluación. Otros lo abordan, pero han tenido una cobertura regional, entre los más importantes podemos mencionar los siguientes:

**ACTIVIDADES DE CARÁCTER GEOHIDROLÓGICO EN LAS ZONAS DE JANOS, ASCENSIÓN Y CUAUHTÉMOC CHIHUAHUA, elaborado por la empresa Consultoría de Ciencias de la Tierra, para la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en 1981.** Analiza periodos de evolución del nivel estático concluyendo que los abatimientos se registran únicamente en Ciudad Cuauhtémoc y Colonia Álvaro Obregón, en donde se determinaron las características hidrodinámicas del acuífero mediante 17 pruebas de bombeo. Identifica una etapa inicial de sobreexplotación en las inmediaciones de Laguna de Bustillos.

**ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DE LAS ZONAS DE ASCENSIÓN-JANOS, CHIHUAHUA, elaborado para la Comisión Nacional del Agua, en 1991.** Mediante actividades de campo que incluyeron censo e hidrometría de las extracciones y pruebas de bombeo, se planteó el balance de aguas subterráneas para calcular la recarga media anual que reciben los acuíferos.

**CENSO DE APROVECHAMIENTOS Y MONITOREO PIEZOMÉTRICO DE LOS ACUÍFEROS EL SABINAL, LAGUNA TRES CASTILLOS, LOS MOSCOS, JOSEFA ORTIZ DE DOMÍNGUEZ, LAS PALMAS, EL CUARENTA, LOS LAMENTOS, LAGUNA DE HORMIGAS Y ALDAMA-EL CUERVO, EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA, elaborado por la empresa Estudios y proyectos en Aguas Subterráneas S.A de C.V., para la Comisión Nacional del Agua, en 2005.** El objetivo de dicho estudio fue conocer el número y localización de los aprovechamientos hidráulicos, así como el uso al que se destina el agua, y con ello hacer una estimación del volumen total de extracción de agua subterránea por los distintos usuarios.

Actualizar el conocimiento de la posición de los niveles del agua subterránea en pozos seleccionados para la medición de nueve acuíferos seleccionados.

Mediante la actualización del censo de aprovechamientos, piezometría, hidrometría de las extracciones y nivelación de pozos, se actualizó el conocimiento de la posición de los niveles del agua subterránea. Debido a la falta de información piezométrica histórica, no se pudo evaluar la evolución del nivel estático.

La información de este estudio sirvió para el planteamiento del balance de aguas subterráneas que se presenta en este documento.

Como parte de este estudio se censaron 15 pozos, de los cuales 2 están inactivos. El volumen de extracción calculado fue de 4.4 hm<sup>3</sup>/año. Las profundidades al nivel estático varía de 55 a 80 m, las más someras se registran al norte del acuífero y en torno de la Laguna Polvaredones, aumentando gradualmente hacia la estribaciones de las sierras que lo delimitan. Identifica flujos subterráneos procedentes de las Sierra Alta, ubicada al oeste, y del Cerro El Picacho, ubicado al suroeste.

**ACTUALIZACIÓN GEOHIDROLÓGICA DE LOS ACUÍFEROS LAS PALMAS, PALOMAS-GUADALUPE-VICTORIA, LOS MOSCOS Y JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ, EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA, elaborado por la Universidad Autónoma de Chihuahua por convenio, para la Comisión Nacional del Agua, en 2009.** Este estudio tuvo como objetivo general el conocimiento de las condiciones geohidrológicas de los acuíferos mediante el diagnóstico de la evolución de los niveles del agua, contar con información necesaria para calcular su recarga y determinar la disponibilidad media anual de agua subterránea; así como conocer el número y distribución de las captaciones de agua subterránea existentes en la zona.

Mediante la realización de actividades de campo que incluyeron censo de aprovechamientos, piezometría, hidrometría de las extracciones, realización de pruebas de bombeo, nivelación de brocales de pozos y reconocimientos geológicos, fue posible plantear el balance de aguas subterráneas para calcular la recarga total media anual. Los resultados y conclusiones de este estudio fueron la base para la elaboración del presente documento, por lo que se analizan y discuten en los apartados correspondientes.

### **3. FISIOGRAFÍA**

#### **3.1 Provincia fisiográfica**

El acuífero Josefa Ortiz de Domínguez se ubica en la porción noroeste de la provincia fisiográfica Cuencas y Sierras dentro del territorio mexicano, la cual continúa hacia Estados Unidos de América con el nombre de “Basin and Ranges” (Raisz, E., 1964). Hawley , 1969 designa a esta porción de la provincia como “Subsección de Los Bolsones” por la abundancia de extensas llanuras con una suave pendiente que converge hacia una zona central con drenaje endorréico, conocidas en la región como bolsones, caracterizados por suelos arcillosos salinos, denominados localmente como “barreales”, debido a extensas zonas lagunares sometidas a una intensa evaporación.

Las amplias llanuras están limitadas normalmente por delgadas unidades serranas de gran longitud, que emergen de manera brusca sobre la llanura como islas, que poseen una orientación aproximada NNO-SSE; son frecuentes los depósitos eólicos como dunas o médanos que le imprimen al paisaje cierta particularidad fisiográfica principalmente en la porción noroeste de la provincia Cuencas y Sierras.

El origen de la provincia está relacionado, entre otros eventos, con el plegamiento de las secuencias marinas del mesozoico que se desarrollaron sobre un basamento paleozoico y precámbrico, así como con el relleno de fosas tectónicas con sedimentos continentales y algunos derrames lávicos, que dieron lugar a la formación de cuencas endorreicas.

Dentro de esta provincia, el acuífero está comprendido en la subprovincia Llanuras y Médanos del Norte, en la cual las llanuras, las amplias bajadas, las sierras escarpadas pequeñas y los campos de dunas (médanos) que caracterizan a la región, se extienden hacia el vecino país del norte, de donde la subprovincia en forma digitada se introduce también en el estado de Sonora.

Los ríos Casas Grandes y Santa María penetran por el sur a la subprovincia, para extinguirse en ella. Los aluviones recientes y algunos antiguos conglomerados cubren gran parte de las bajadas y de las llanuras, aunque existen importantes afloramientos dispersos de rocas volcánicas ácidas en las sierras y lomeríos y, en menor cantidad, rocas basálticas en el centro de la subprovincia; también afloran calizas en las sierras y lomeríos.

### 3.2 Clima

El clima de la zona, de acuerdo con clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García para las condiciones de la República Mexicana, presenta dos subtipos:

**BSok(x').** Clima árido, templado, con temperatura entre 12° C y 18° C, temperatura del mes más frío entre -3° C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22° C; lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.

**BWk(x').** Clima muy árido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias repartidas todo el año y precipitación invernal mayor al 18% del total anual. Para el análisis climatológico se utilizó la información de las estaciones climatológicas cuyo nombre y periodo de registro se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 2. Estaciones climatológicas

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Periodo de Registro
Palomas, Ascensión	31.783	107.583	1995	1961 – 1987
Columbus, Nuevo Mexico	31.833	107.633	1223	1971 – 2000
Hachita, Nuevo Mexico	31.917	108.317	1374	1971 – 2000
Bismark	31.233	107.566	1260	2000 – 2004

El comportamiento de la temperatura presenta una variación anual con tendencia parabólica, manifestándose con mayor intensidad durante los meses de mayo a septiembre y decreciendo durante el resto del año, los valores menores registrados corresponden a los meses de diciembre, enero y febrero. De acuerdo con los registros en las estaciones climatológicas la temperatura más alta dentro de la zona de estudio se registra hacia la parte este, en donde su valor es del orden de 16.8°C, descendiendo hacia la porción oeste con 16.5°C. La media anual dentro del área que cubre el acuífero es 16.7°C.

La precipitación es promovida por las masas de aire húmedo provenientes del Océano Pacífico durante los meses de junio a octubre; el choque de las masas húmedas en la Sierra Madre Occidental provoca altas precipitaciones en sus flancos, reduciendo la lluvia en las zonas de la planicie. Debido a lo anterior, la precipitación en la zona del acuífero Josefa Ortiz de Domínguez se presenta como lluvias aisladas de alta intensidad y corta duración, ocurriendo en los meses de julio a septiembre. En los meses de diciembre y enero la presencia de masas de aire frío provenientes del norte al chocar con las masas de aire caliente existentes en la zona, generan precipitaciones de baja intensidad.

Para la obtención de la precipitación media anual en el acuífero Josefa Ortiz de Domínguez se elaboraron isoyetas a partir de la información recabada donde se presentan precipitaciones que oscilan desde 280 mm hasta 290 mm. A partir de estos datos, se obtiene una precipitación media anual de 283.6 mm.

Con respecto a la evaporación potencial, no se cuenta con registros históricos en un periodo de tiempo grande, únicamente existen datos de 2003 a 2008. Su promedio es de 2590 y aplicando el factor de corrección 75% (Saxton and Mc. Guinness 1982), fue posible determinar que su valor promedio anual es del orden de los 1943 mm.

### **3.3 Hidrografía**

El acuífero se encuentra situado dentro de la Región Hidrológica 34 “Cuencas Cerradas del Norte”, Cuenca Río Casas Grandes - Laguna de Guzmán. El río Casas Grandes, constituye prácticamente el límite sur del acuífero, pasando fuera del área de estudio.

En esta región, el cauce del río se estrecha notablemente al circular entre el extremo sur de la Sierra Alta (Palomas) y el norte de la Sierra Boca Grande, para después abrirse ampliamente en la planicie de Guadalupe Victoria. El río Casas Grandes es de carácter intermitente, pero en gran parte es efímero.

El acuífero ocupa una cuenca de tipo endorréico cuya porción norte se desarrolla en territorio de Nuevo México, pero su zona central o confluencia de los arroyos se encuentra en territorio mexicano, constituyendo una planicie lagunar de moderada amplitud, que da origen a la Laguna Polvaredones. Sin embargo, los arroyos alimentadores, intermitentes y efímeros, desaparecen mucho antes de alcanzar la laguna, normalmente en una serie de abanicos aluviales que se encuentran hacia la margen oeste del valle, en las estribaciones de la Sierra Alta.

### **3.4 Geomorfología**

El área del acuífero consiste en un valle relativamente estrecho (unos 10 km. en su parte más ancha y sitio donde se extiende la Laguna de Polvaredones), en comparación con las amplias llanuras localizadas al sur y este, hacia Ciudad Juárez y el río Bravo.

El valle se encuentra limitado al oeste por las importantes elevaciones de la Sierra Alta (Palomas) que posee una orientación NNO-SSE con altitudes máximas de 2,000 y 2,240 msnm en el Cerro Picacho y Cerro Grande respectivamente, los cuales destacan sobre el piso del valle cuya elevación es cercana a los 1,300 msnm. Con ello, se puede apreciar la gran diferencia de elevación entre la Sierra Alta y el valle; además, el relieve de la sierra es sumamente accidentado y escarpado, desarrollado sobre rocas calcáreas y areniscas del Pérmico.

En contraste, en el límite oriental del valle se observa un relieve sumamente bajo compuesto por escasas lomas desarrolladas sobre rocas volcánicas basálticas, con varios conos volcánicos disectados que apenas sobresalen sobre el piso del valle, que constituyen un rasgo geomorfológico importante que se conoce en la región como “Campo Volcánico Palomas” que se extiende por cerca de 500 km<sup>2</sup> entre las poblaciones de Josefa Ortiz de Domínguez , Palomas y Guadalupe Victoria, limitado al norte por la línea fronteriza con EUA.

La región presenta como rasgo morfológico la presencia de bolsones; esto es, de cuencas con drenaje interno, rodeadas de sierras, de las que se extienden las amplias bajadas aluviales sobre las llanuras centrales. En ellas alternan llanuras y sierras, más espaciadas éstas en el sureste que en el noroeste. Las sierras son abruptas y se levantan de 500 a 1,000 m sobre las llanuras y de 2,000 a 3,000 m respecto al nivel del mar; gran parte de las sierras están rodeadas de amplias bajadas que las semisepultan. El valle está limitado al norte por la frontera estadounidense, pero presenta continuación dentro de su territorio, limitado al oeste por las “Carrizalillo Hills” (extremo sur de las Cedar Mountains) y al este por las estribaciones más occidentales de las “Tres Hermanas Mountains”.

Hacia el sur se puede considerar como límite del acuífero el río Casas Grandes, que presenta, al cruzar el puerto topográfico, entre la Sierra Alta y la Sierra Boca Grande, un cauce más estrecho, ligeramente trenzado con algunas zonas meándricas más extensas al desarrollarse principalmente sobre el terreno basáltico del Campo Volcánico Palomas.

La población de Josefa Ortiz de Domínguez se ubica justo al sur del límite fronterizo y en la margen noroeste de una extensa zona alargada de rumbo N-S sujeta a inundación ocasional que da origen a la “laguna de Polvaredones” con una elevación de 1,272 msnm. y presencia de suelos limo-arcillosos. Sin embargo, hacia las márgenes orientales de la Sierra Alta se distribuyen numerosos abanicos aluviales con granulometría más gruesa, que casi llegan a la zona central lagunar (ver el bloque diagramático).

#### **4. GEOLOGÍA**

El relleno sedimentario del valle comprende depósitos aluviales compuestos principalmente por abanicos de granulometría gruesa como gravas y arenas que pasan gradualmente a sedimentos de grano fino como limos y arcillas hacia la porción centro oriental del valle; todo ello de acuerdo con las variaciones de facies características de este medio de depósito aluvial.

Sin embargo, hacia la zona oriental del valle, y pasando la zona lagunar, se observa un terreno de relieve sumamente bajo compuesto por rocas volcánicas basálticas (Campo Volcánico Palomas) de edad Terciario Superior (Plioceno) - Cuaternario, tanto piroclásticas como lávicas, que conforman numerosas estructuras cónicas muy erosionadas que muestran una red de drenaje de tipo radial, y en algunos casos se observan estructuras circulares o semicirculares originadas por erupciones freatomagmáticas (xalapazco o maar). En la Figura 2 se muestra la distribución de las distintas litologías.

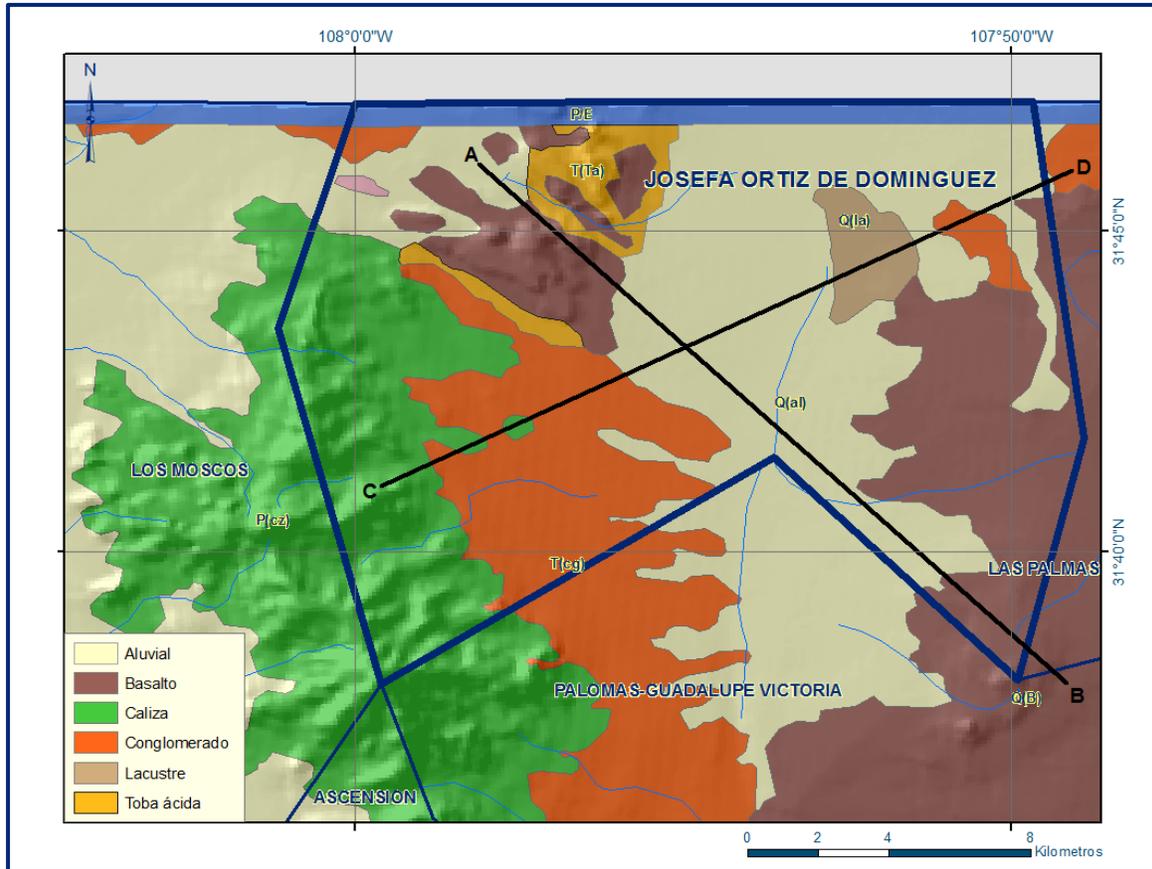


Figura 2. Geología general del acuífero

#### 4.1 Estratigrafía

El registro estratigráfico de la región abarca del Paleozoico al Reciente. Las unidades se describen a continuación de la más antigua a la más reciente:

##### ***Paleozoico Superior. Rocas Sedimentarias***

Estudios previos (Díaz G. T. y Navarro G. A., 1974) han reportado en ésta sierra, un fuerte espesor de unidades litológicas con proporciones variables de calizas, dolomitas, lutitas y areniscas; siendo referidas las más antiguas al Grupo Escabrosa y la Formación Paradise (PcmDo-Lu) del Mississippico, compuestas por calizas, dolomitas y lutitas con presencia de fusulínidos y abundantes crinoideos, que están expuestas en la parte baja del flanco NE de la Sierra Alta y al sur del Cerro La Hoya.

Cubriendo discordantemente a las unidades antes descritas, se presenta una gruesa sección de calizas y areniscas (PeppiCz-Ar) del Pensylvánico-Pérmico Inferior asignadas a la Formación Horquilla, que prácticamente constituye la totalidad de las rocas expuestas en la Sierra Alta.

### ***Pérmico-Carbonífero. Formación Horquilla (Pcppi Cz-Ar)***

Se define como una secuencia rítmica calcáreo-arenosa intrusionada por sills y diques dioríticos. Se distribuye ampliamente en la Sierra Alta (Sierra de Palomas) constituyendo casi la totalidad de esta sierra. Es una secuencia terrígena que en la parte basal está cubierta por un desarrollo carbonatado biógeno y dolomitizado de gran espesor. Se compone de calizas principalmente; la base es representada por areniscas calcáreas de cuarzo, de color claro en capas medias a gruesas con estratificación cruzada, que intemperizan en color café rojizo. Cambian transicionalmente a lutitas calcáreas y calizas oolíticas y bioclásticas, con fragmentos de equinodermos, briozoarios, y ostrácodos.

### ***Pérmico Inferior. Grupo Hueco (Ppi Cz-Ar)***

Las unidades del Pérmico Inferior que constituyen este Grupo son calizas y areniscas de las formaciones: Earp, Colina, Scherrer y Epitaph. Se define como una litofacies de calizas dolomitizadas y dolomías alternando con intervalos de areniscas rojizas. Esta unidad también aflora en el límite oeste del acuífero Laguna Los Moscos, en los cerros El Rincón.

### ***Pérmico superior***

#### ***Formación Concha (Ppips Do-Ar)***

Se define esta unidad como una secuencia calcárea hacia la base y dolomías en su mayor parte, presentando fuerte silicificación. Aflora en la porción norte del acuífero Los Moscos, al sur de la sierra Alta. Está constituida en la porción inferior por calizas de color gris a gris oscuro en estratos gruesos a masivos con nódulos y lentes de pedernal. La porción superior está constituida por dolomías cristalinas en estratos medios a gruesos y masivos de color gris; algunos de aspecto brechoide con nódulos y lentes de pedernal color gris a verdoso. Aflora en el flanco SW del Cerro Grande y en el Cerro La Cueva, ambos situados en la porción sureste de la Sierra Alta, cercanos al cauce del río Casas Grandes.

### ***Mesozoico***

#### ***Cretácico Inferior***

Cercano al límite sur del área de estudio y correspondiendo ya al acuífero de Guadalupe Victoria - Palomas, se encuentra el cauce del río Casas Grandes que pasa cerca del borde noroeste de la Sierra Boca Grande, donde están expuestas rocas paleozóicas; calizas, dolomitas y areniscas del Grupo Hueco y la Formación Concha, sobre las que descansa discordantemente una secuencia de calizas y lutitas asignadas a la Formación Cuchillo y al Grupo Aurora.

## **Oligoceno**

### **Rocas Volcánicas**

Al oeste de la localidad Josefa Ortiz de Domínguez están expuestas rocas volcánicas compuestas por una secuencia de tobas que manifiestan una marcada pseudoestratificación y un relieve escalonado, presentan un patrón de drenaje ligeramente rectangular.

Las tobas son de color gris blanquecino en tanto que en las ignimbritas predominan los tonos café-amarillento; sin embargo, en la cima de algunas elevaciones las ignimbritas riolíticas presentan coloraciones sumamente oscuras parecidos al de las coladas basálticas.

Esto último se aprecia claramente sobre el camino que comunica a la localidad de Josefa Ortiz de Domínguez con el rancho Los Lamentos, al cruzar unas pequeñas elevaciones sobre estrechos cañadas, y cerca de un represo conocido como “La Boquilla”.

### **Plioceno-Pleistoceno**

El acuífero está limitado al este por los lomeríos más occidentales del “Campo Volcánico Palomas” (TplQptB) que se extiende también sobre territorio de Nuevo México en EUA. En el campo volcánico afloran tanto productos lávicos basálticos como piroclásticos, que forman estructuras cónicas de bajo relieve. En territorio de Estados Unidos se determinó la edad radiométrica de los basaltos variable entre 2.9 y 5.7 Ma, cuyo origen se atribuye a volcanismo fisural profundo.

## **Cuaternario. Holoceno**

### **Rocas Sedimentarias**

#### **Conglomerado Polimíctico (QhoCgp)**

Al pie del flanco suroriental de la Sierra Alta (Palomas) se presentan amplias extensiones hacia el valle cubiertas por depósitos sedimentarios fluviales de tipo abanico aluvial, los cuales se unen para desarrollar una morfología de extensas “bajadas”. La granulometría es variada, de acuerdo con las diferentes facies que constituyen estos abanicos, formando desde luego conglomerados polimícticos con fragmentos principalmente calcáreos, pero también existe buena proporción de cantos volcánicos de composición variable. Algunos abanicos se encuentran profundamente disectados, sobre todo los que se localizan hacia el extremo suroriental de la Sierra Alta, cerca del río Casas Grandes.

### **Limo-Arena (QhoLm-Ar)**

La mayor parte de la llanura del valle se encuentra cubierta por sedimentos finos limo-arenosos sobre todo hacia las zonas centrales sujetas a inundación temporal.

### **Lacustre (Qhola)**

Son sedimentos de facies lacustres y lagunares compuestos por estratos delgados de arenas finas, limos y arcillas, depositados en un medio sedimentario evaporativo en ambientes áridos que dominaba sobre las cuencas endorreicas; en éste caso, en las márgenes del arroyo Santa Clara que termina hacia el norte en la Laguna Polvaredones.

## **4.2 Geología estructural**

Como se mencionó con anterioridad, el área de estudio posee los rasgos estructurales característicos de la provincia Cuencas y Sierras, que es la continuidad hacia el sureste en territorio mexicano de “Basin and Range”, desde Nuevo México y Arizona.

Así, las sierras presentes en el área, constituyen bloques levantados que emergen sobre la amplia llanura lagunar que se desarrolla por el arroyo Santa Clara en su curso hacia el norte, hacia la Laguna Polvaredones, generando el relleno sedimentario de fosa tectónica.

## **4.3 Geología del subsuelo**

Para la interpretación de la geología del subsuelo, se tomó, además de los datos geológicos obtenidos durante las actividades realizadas por el estudio de 2009, información complementaria procedente de varias fuentes. De esta manera, se consideró tanto la información obtenida en el área de estudio como la correspondiente de los acuíferos adyacentes que se encuentran en un ambiente geológico semejante a nivel regional.

En la porción norte del acuífero, cerca del límite fronterizo y, de acuerdo con las secciones geológicas AB y CD, tanto las realizadas en el área de estudio como las complementarias consultadas, se interpreta un mayor espesor de los depósitos sedimentarios aluviales y lacustres (UH5 y UH3), los cuales se encuentran en ciertos sitios intercalados con horizontes basálticos (UH4). De hecho, las unidades hidroestratigráficas UH3, UH4 y UH5 constituyen el acuífero principal del área de estudio.

Al oeste de la población de Josefa Ortiz de Domínguez, hacia la Sierra Carrizalillo, este grupo de unidades se adelgaza, teniendo un espesor estimado de unos 200 m, pudiendo faltar la unidad basáltica UH4; sin embargo, hacia el oriente de dicha población, en conjunto, éstas unidades pueden llegar hasta los 600 m de profundidad. La unidad UH4 basáltica se estima a una profundidad de alrededor de 100 m en las vecindades occidentales de la Laguna Polvaredones, y más somera, incluso aflora, hacia la localidad de Las Palmas (figuras 3).

Como basamento de las unidades anteriores, se encuentran las rocas volcánicas riolíticas del Oligoceno (UH2).

Hacia la porción central y sur, los depósitos sedimentarios aluviales y lacustres se van acuñando (UH3 y UH5), mostrando su menor espesor en el límite sur del acuífero. En la localidad El Norteño afloran los basaltos del “Campo Volcánico Palomas” considerados como la unidad hidroestratigráfica (UH4), que junto con los depósitos clásticos, forma un medio poroso de alta permeabilidad.

El límite sur del acuífero lo forma el parte-aguas con el Río Casas Grandes, compuesto por un lomerío originado por abanicos aluviales que cubren una zona de fallamiento normal paralelo a la Sierra Alta, incluso los abanicos aluviales muestran cierto desplazamiento, indicando movimiento tectónico reciente. En esta porción del acuífero, el espesor de las unidades UH3, UH4 y UH5, en conjunto probablemente alcance poco más de 100 m, comprendiendo en su mayoría sedimentos clásticos de piedemonte o abanico aluvial, los cuales pueden correlacionarse con el Grupo Gila de Nuevo México. La unidad UH4 basáltica puede estar ausente en la porción suroccidental del acuífero, justo en la zona occidental del parte aguas, entre el límite de los dos acuíferos (Josefa Ortiz de Domínguez y Guadalupe Victoria). De esta manera el basamento Paleozoico (UH1) se encontraría, al menos en esta porción del acuífero, a una profundidad un poco mayor de 100 m.

En la porción norte del acuífero cercano a la línea fronteriza se estima un espesor mucho mayor de las unidades acuíferas sedimentarias que comprenden las unidades hidroestratigráficas UH3 y UH4 y UH5, que de una manera similar a la sección geológica AB, su mayor espesor se encuentra hacia la porción oriental del acuífero, con casi un espesor estimado de 800 m cercano a la Sierra Carrizalillo (continuidad al NO [U.S.A.] de la Sierra Alta [Palomas]), donde se observa un fallamiento de tipo normal.

De igual manera, la unidad acuífera sedimentaria se adelgaza hacia el oeste, es decir, hacia la Sierra Rica, cerca de la frontera con EUA, donde afloran las calizas de la UH1. Cabe esperar el basamento paleozoico a poca profundidad en este sector del acuífero, incluso se estima la presencia del Precámbrico.

Con base en los resultados de la geología del subsuelo: descripción de cortes litológicos; interpretación de sondeos geofísicos, el análisis hidrogeomorfológica, hidrología superficial y la interpretación de pruebas de bombeo, entre otros, fue posible definir un sistema acuífero heterogéneo y anisótropo, en general de tipo libre, con condiciones locales de semiconfinamiento, conformado por un medio granular, hacia la parte superior, y otro fracturado subyacente.

El medio granular está constituido por materiales finos a gruesos. Los de menor granulometría, se localizan en la zona aledaña a la Laguna Polvaredones, que por su baja permeabilidad favorece las condiciones de confinamiento y semiconfinamiento del agua subterránea contenida en los materiales granulares subyacentes. Los materiales granulares de mayor granulometría, principalmente arenas, arcillas, gravas y conglomerados, constituyen el acuífero regional que actualmente se explota.

Esta unidad aflora ampliamente, presenta permeabilidad media y puede alcanzar espesores de varios cientos de metros en el centro del valle.

El medio fracturado está formado principalmente rocas ígneas del Terciario como basaltos, tobas riolíticas, andesitas y en menor proporción rocas sedimentarias del Cretácico como areniscas, lutitas y calizas; todas ellas presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento. El conjunto de rocas aflora al oeste, noroeste y sureste del acuífero, conformando las sierras que lo delimitan. La permeabilidad que presentan estas rocas es de media a baja.

Verticalmente la frontera superior es la posición del nivel freático y las fronteras inferiores y laterales están constituidas por las rocas ígneas y sedimentarias cuando su permeabilidad por fracturamiento desaparece.

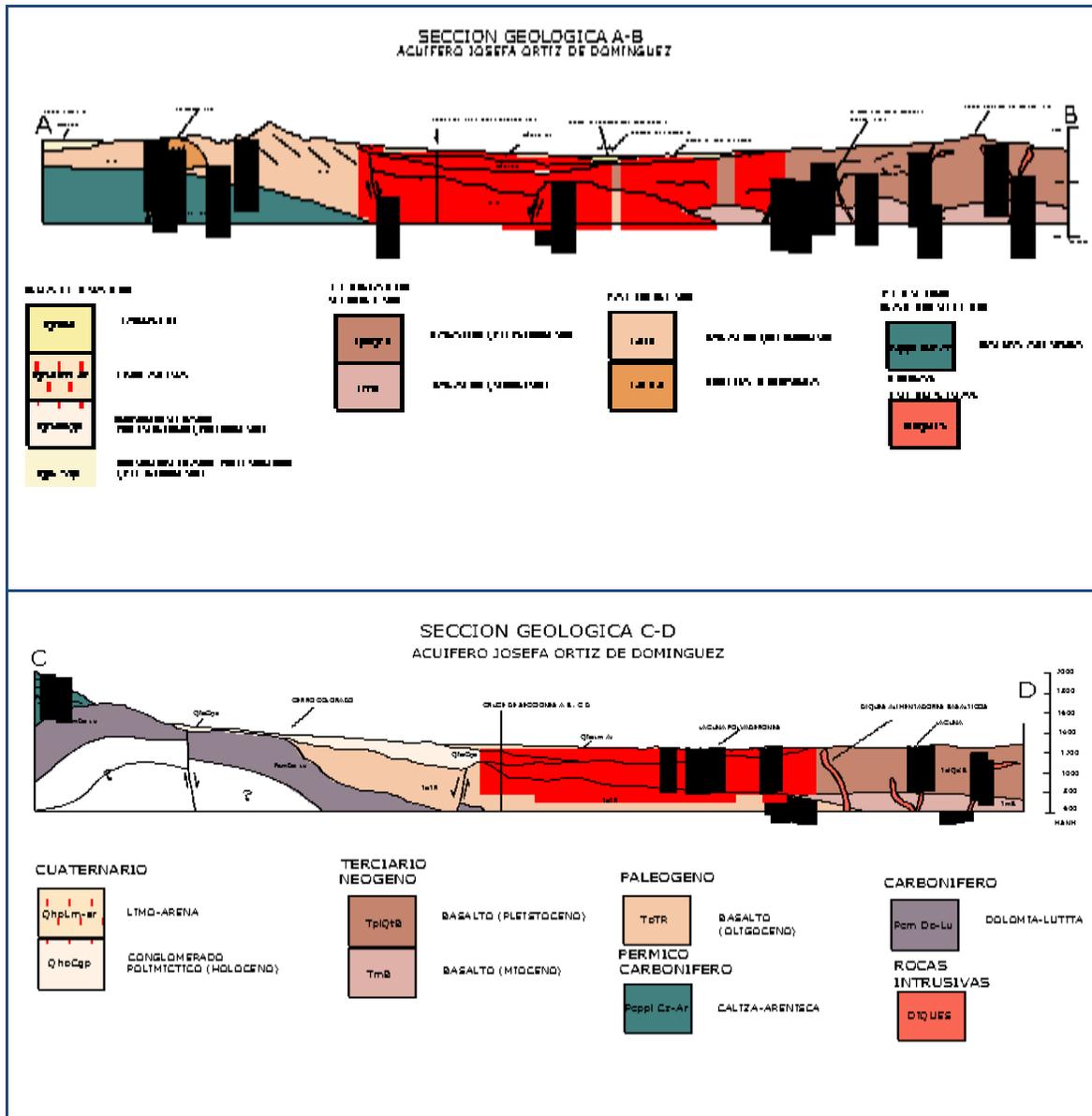


Figura 3. Secciones geológicas esquemáticas.

## 5. HIDROGEOLOGÍA

### 5.1 Tipo de acuífero

El sistema acuífero es heterogéneo y anisótropo, en general de **tipo libre**, se aloja en un depósito sedimentario de mediana permeabilidad de origen aluvial y lacustre que se intercala con las rocas volcánicas basálticas que afloran en el “Campo Volcánico Palomas”. Este relleno, de espesor variable, en la parte superior presenta un moderado espesor de sedimentos lacustres con contenido de sedimentos evaporíticos y eólicos; las rocas calcáreas y volcánicas antiguas de baja permeabilidad que subyacen al acuífero representan a profundidad el basamento del mismo y ocasionalmente constituyen sus fronteras laterales.

El medio poroso descrito anteriormente que se encuentra saturado a profundidades y espesores variables constituye el acuífero regional; es un sistema abierto donde la recarga ocurre por la infiltración de agua de lluvia en las elevaciones montañosas que bordean la planicie, por la infiltración del agua de las corrientes superficiales provenientes de las sierras y en menor proporción por infiltración de agua de lluvia directa sobre el valle.

La descarga ocurre por flujo subterráneo en la porción sur hacia acuíferos adyacentes y por el bombeo de pozos.

### 5.1 Parámetros hidráulicos

Como parte de las actividades desarrolladas en el estudio de 2009, sólo fue posible realizar 3 pruebas de bombeo, tanto en etapa de abatimiento como de recuperación, cuya duración fue de 24 horas.

De su interpretación por diversos métodos, se deduce que los valores de transmisividad varían de **53 a 1,500 m<sup>2</sup>/día**, en tanto que la conductividad hidráulica oscila entre **0.6 y 13.3 m/d** (tabla 3).

Tabla 3. Resultados de la interpretación de las prueba de bombeo

POZO	ACUÍFERO	ESPESOR SATURADO (m)	METODO MOENCH					MODELO A DOS CAPAS (RUSHTON-RATHOD)			
			T(m <sup>2</sup> /d)	K (m/d)	S	Sy	SOLUCION	T(m <sup>2</sup> /d)	K (m/d)	S	Sy
14	Josefa Ortiz	74.7	993	13.3	1.00E-01		Moench	1532	20.5	1.00E-03	0.19
7	Josefa Ortiz	113.2	187	1.6	3.04E-06		Moench	152	1.3	5.00E-05	0.11
6	Josefa Ortiz	85.7	53	0.6	1.03E-07		Moench	61	0.7	7.00E-05	0.13
Valores Promedio			410.68	5.18	3.33E-02			581.78	7.52	3.73E-04	0.14
Promedio T(m <sup>2</sup> /día)			496.23								
Promedio K(m/día)			6.35								
Promedio S			1.69E-02								
Promedio Sy			0.14								

En ambos casos los valores más bajos se asocian a los sedimentos eólicos finos y lacustres que se presentan en las inmediaciones de la laguna y los más altos a los sedimentos aluviales.

Por lo que respecta al coeficiente de almacenamiento S y rendimiento específico Sy, los valores medios varían entre **5.0 x10<sup>-2</sup> y 3.5 x 10<sup>-5</sup> y de 0.11 a 0.19**, respectivamente.

## **5.2 Piezometría**

No existe registro histórico piezométrico, la escasa información se encuentra restringida a sólo unos cuantos pozos que se localizan en la porción más baja de la cuenca, que no son suficientes para elaborar configuraciones del nivel estático.

Únicamente se describirán las que corresponden al estudio realizado en el 2005 y las del 2009, durante el cual se niveló el brocal de 5 pozos que sentarán las bases para el monitoreo sistemático de los niveles del agua subterránea.

## **5.3 Comportamiento hidráulico**

### **5.3.1 Profundidad al nivel estático**

De acuerdo con la configuración de la profundidad al nivel estático para el año 2005, mostrada en la figura 5, los valores varían de 55 a 80 m, las más someras se registran al norte del acuífero y en torno de la Laguna Polvaredones, aumentando gradualmente hacia las estribaciones de las sierras que lo delimitan conforme se asciende topográficamente.

Para el año 2009, solo se dispone de información en la pequeña zona localizada al norte del acuífero, donde los valores de profundidad varían de 50 a 73 m.

Los niveles menos profundos se ubican en la zona aledaña a la Laguna Polvaderones (figura 4).

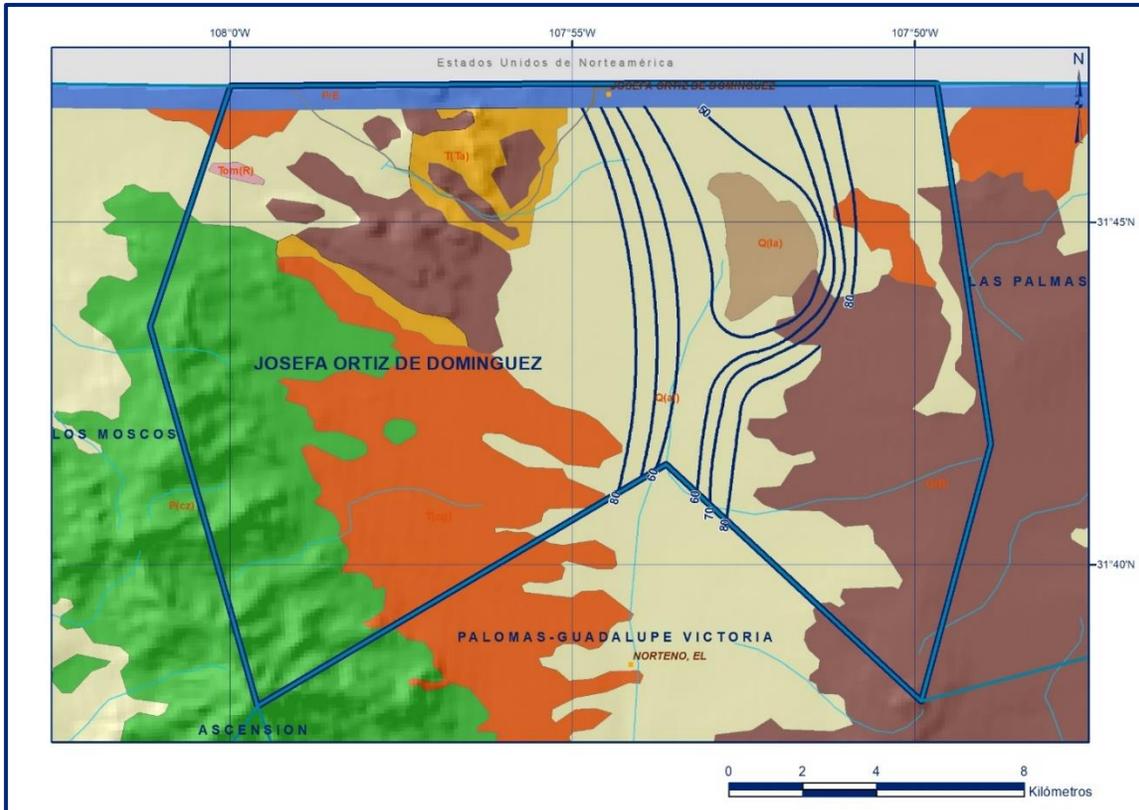


Figura 4. Profundidad al nivel estático en m (2005)

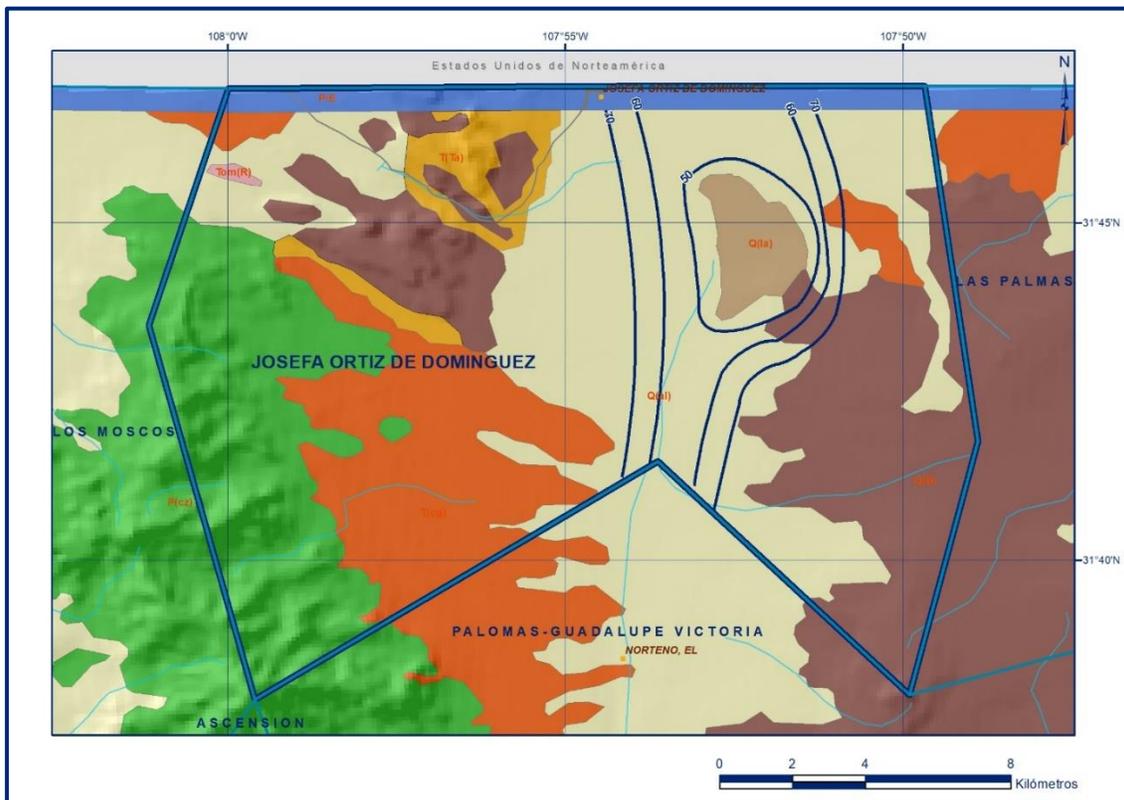


Figura 5. Profundidad al nivel estático en m (2009)

### 5.3.2 Elevación del nivel estático

Con respecto a la configuración de elevación del nivel estático, la escasa información solo cubre la porción norte del acuífero; sin embargo, con criterio hidrogeológico es posible esbozar el flujo subterráneo procedente de los flancos este y oeste, de las cotas 1,220 a la 1,200. De esta manera, el flujo es concéntrico hacia la Laguna Polvaredones (figuras 6).

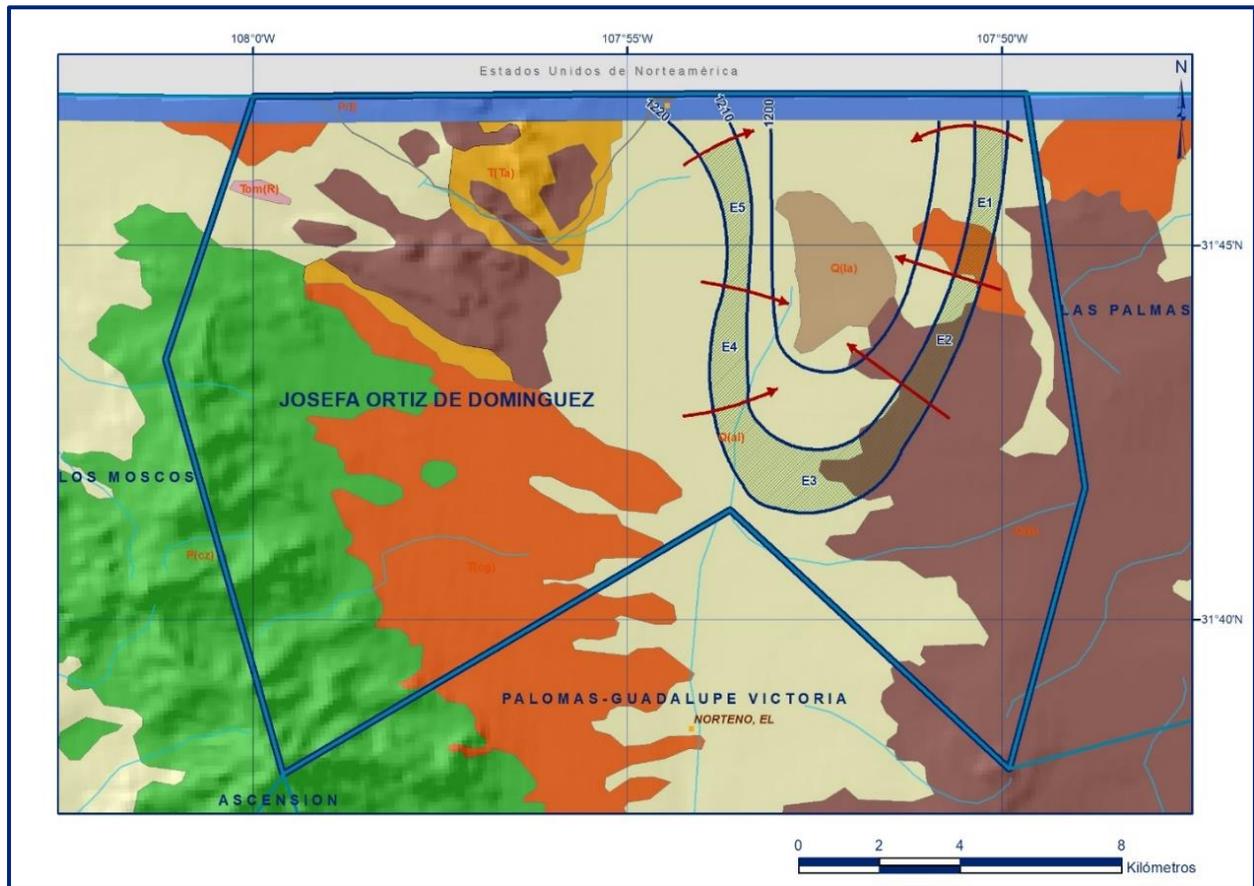


Figura 6. Elevación del nivel estático en msnm (2009)

### 5.3.3 Evolución del nivel estático

La evolución del nivel estático para el periodo 2005-2009, muestra valores puntuales de abatimiento de 1 a 2 m, para la zona norte del acuífero, lo que representa un ritmo anual de 0.25 a 0.5 m.

Para el resto del acuífero no se registran alteraciones importantes en la posición del nivel estático (figura 7).

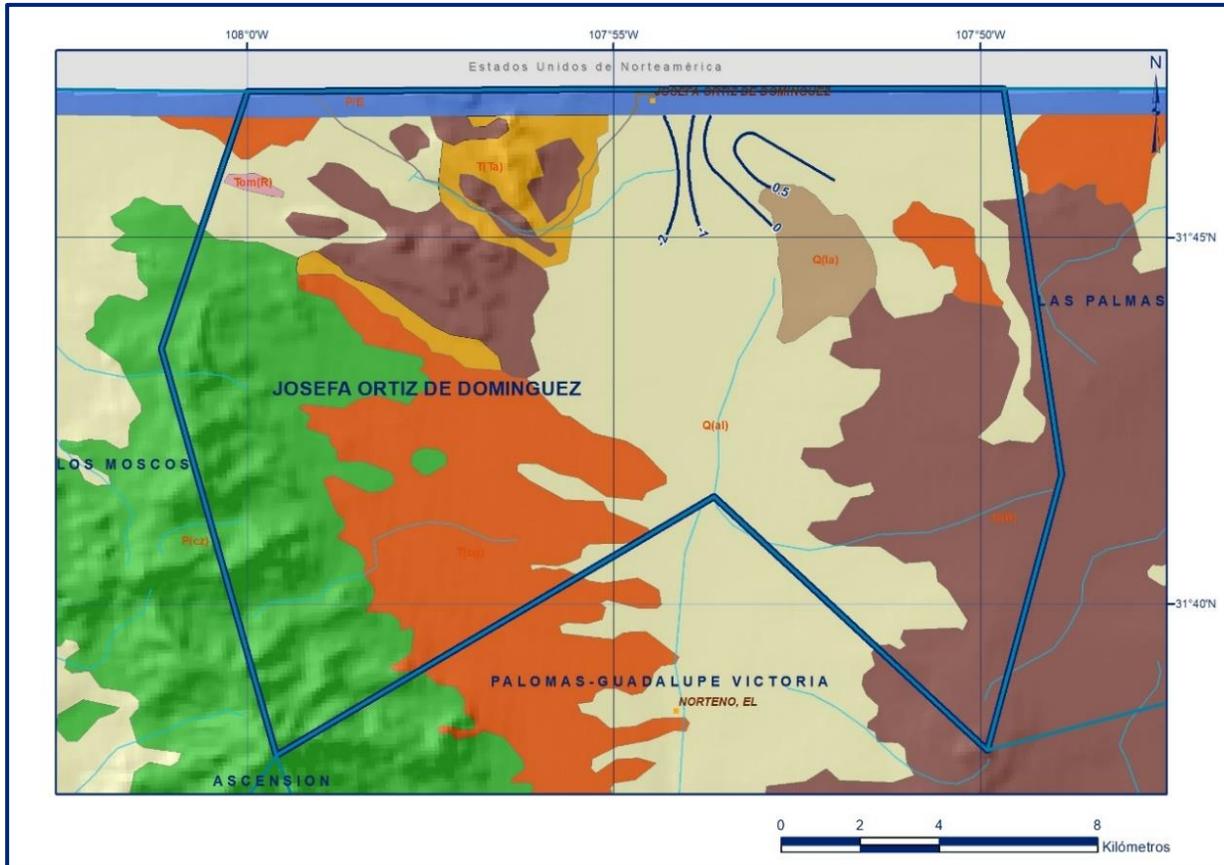


Figura 7. Evolución del nivel estático en m (2005-2009)

#### 5.4 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

No existe información referente a la calidad del agua subterránea en la región que cubre el acuífero, pero se infiere que el medio geológico y el sistema de flujo permiten la rápida circulación del agua desde la zona de recarga, por lo que es posible que el agua contenga concentraciones Sólidos Totales Disueltos que la hacen apta para el consumo humano.

#### 6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

De acuerdo con los resultados del censo realizado en el 2005, existen en el acuífero un total de 15 aprovechamientos, todos ellos pozos, de los cuales 13 están activos y 2 inactivos. De los pozos activos, 12 se destinan al uso agrícola y 1 para dotación de agua potable a las comunidades rurales de la región.

El volumen de extracción estimado asciende a **4.9 hm<sup>3</sup> anuales**, de los cuales 4.8 hm<sup>3</sup> (98%) se destinan para uso agrícola y los 0.1 hm<sup>3</sup> (2.0%) para el abastecimiento de agua potable.

## 7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

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 la masa es la siguiente:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de masa}$$

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 de una unidad hidrogeológica:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento}$$

El balance de aguas subterráneas se planteó para el periodo 2005-2009 en una superficie de 40 km<sup>2</sup> que corresponde a la zona donde se cuenta con información piezométrica y en la que se localiza la mayoría de los aprovechamientos subterráneos.

De esta manera la ecuación de balance propuesta para éste acuífero es la siguiente:

$$R_v + E_h + R_r - B = \pm \Delta V(S) \quad (1)$$

Donde:

**R<sub>v</sub>**= Recarga vertical;

**E<sub>h</sub>**= Entradas subterráneas por flujo horizontal;

**R<sub>r</sub>**= Retornos del riego agrícola;

**B**= Bombeo;

**ΔV(S)**= Cambio en el volumen de almacenamiento;

### 7.1 Entradas

De acuerdo con el modelo conceptual definido para el acuífero Las entradas están integradas por la recarga natural (R<sub>v</sub>) que se produce por efecto de la infiltración de la lluvia que se precipita directamente sobre el valle y a lo largo de los escurrimientos, y la que proviene de zonas montañosas contiguas a través de una recarga por flujo horizontal subterráneo (E<sub>h</sub>).

De manera inducida, la infiltración de los excedentes del riego agrícola y del agua residual de las descargas urbanas, constituyen otra fuente de recarga al acuífero.

Estos volúmenes se integran en la componente de recarga inducida ( $R_i$ ). Para este caso, dado que no existen poblaciones urbanas importantes solo se consideran los retornos del riego agrícola ( $R_r$ ).

### **7.1.1 Recarga vertical ( $R_v$ )**

En las regiones áridas y semiáridas los dos principales mecanismos de recarga natural se producen a través de la infiltración a lo largo de los cauces de los escurrimientos superficiales y la recarga de frente de montaña. En la provincia fisiográfica de Sierras y Cuencas, la recarga de frente de montaña tiene dos componentes: el flujo subterráneo que proviene de las sierras que delimitan el valle, a través de fracturas y/o conductos de disolución, que se dirige hacia los sedimentos que rellenan la cuenca; y la infiltración en los cinturones de piedemonte. A su vez, en estos últimos la recarga se efectúa por medio de la infiltración que se produce a lo largo de los arroyos que drenan las sierras y también de manera difusa.

Debido a que el cambio de almacenamiento ( $\Delta V$ ) tiende a ser nulo y existe información para estimar las entradas y salidas por flujo subterráneo, su valor será despejado de la ecuación de balance (1). De esta manera, despejando la recarga vertical ( $R_v$ ) se obtiene lo siguiente:

$$R_v = B \pm \Delta V(S) - E_h - R_r \quad (2)$$

### **7.1.2 Entradas por flujo subterráneo horizontal ( $E_h$ )**

Una fracción del volumen de lluvias que se precipita en las zonas topográficamente más altas del área de estudio se infiltra por las fracturas de las rocas que forman parte de ellas y a través del 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 el valle 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 sólo para el año 2009 (figura 8), debido a que las curvas no muestran cambios significativos para los años 2005 y 2009, mediante la siguiente expresión:

$$Q = T \cdot B \cdot i$$

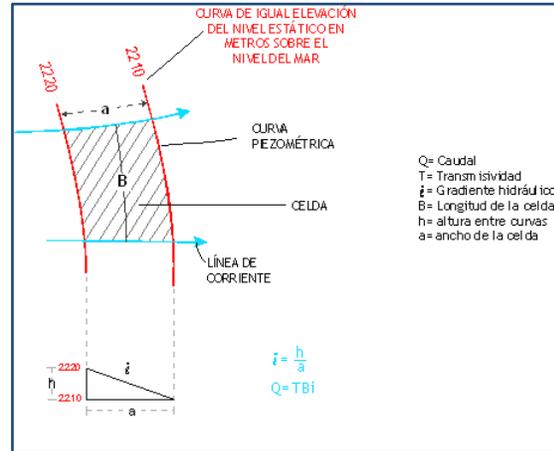
Donde:

**Q**= Gasto;

**T**= Transmisividad;

**B**= Longitud de la celda;

**i**= Gradiente hidráulico;



Partiendo de esta configuración se seleccionó un canal de flujo para calcular el caudal “Q” que recarga al acuífero.

La recarga total por flujo horizontal es la suma de los caudales de cada una de las celdas establecidas. El cálculo de las entradas por flujo subterráneo se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Cálculo de entradas subterráneas

Celda	Longitud B (m)	Ancho a (m)	$h_2-h_1$	Gradiente i	T (m <sup>2</sup> /s)	Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (hm <sup>3</sup> /año)
E1	3816	915	10	0.0109	0.0007	0.0292	0.9
E2	2212	773	10	0.0129	0.0004	0.0114	0.4
E3	6546	1595	10	0.0063	0.0004	0.0164	0.5
E4	2170	816	10	0.0123	0.0007	0.0186	0.6
E5	4153	539	10	0.0186	0.0007	0.0539	1.7
<b>Total Entradas</b>							<b>4.1</b>

El valor de transmisividad fue obtenido del promedio de los resultados de la interpretación de pruebas de bombeo realizadas en el estudio de 2009 y los caudales específicos, adaptados al espesor saturado de cada zona. El valor total de entradas por flujo subterráneo horizontal asciende a **4.1 hm<sup>3</sup> anuales**.

### 7.1.3 Retorno de riego (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 confiable de láminas de riego por cultivo y a la correlación entre acuíferos, se consideró un 15% del volumen aplicado al uso agrícola que retorna al acuífero en forma de recarga inducida, considerando la profundidad al nivel del agua subterránea no mayor a los 80 m en la zona agrícola y la presencia de estratos de baja permeabilidad en el subsuelo.

Por lo que el volumen de entradas por retornos de riego asciende a  **$R_r = 0.7 \text{ hm}^3$  anuales.**

## **7.2 Salidas**

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B). No existen descargas por flujo base ni manantiales. En cuanto a las salidas por flujo subterráneo ( $S_h$ ), no se presentan ya que la cuenca es endorreica, por lo que  **$S_h = 0$** . Para la evapotranspiración (ETR), debido a que los niveles más someros se localizan a 20 m, se considera que no se presenta evapotranspiración a partir de niveles freáticos someros, por lo que  **$ETR = 0$** .

### **7.2.1 Bombeo (B)**

Como se mencionó en el apartado de censo y piezometría, el volumen de extracción total asciende a  **$4.9 \text{ hm}^3$  anuales.**

## **7.3 Cambio de almacenamiento ( $\Delta V(S)$ )**

Como se menciona en el apartado de evolución del nivel estático, no se dispone de información piezométrica para elaborar la configuración de la evolución del nivel que cubra la superficie completa en la que se aloja el acuífero. Los registros existentes de estudios previos se restringen al año 2005 y sólo cubren la porción norte del acuífero. Adicionalmente, la escasa información disponible sólo permite identificar cambios puntuales tanto positivos como negativos.

Bajo estas consideraciones, se considera que la posición del nivel del agua subterránea no ha sufrido alteraciones importantes y el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo. Por lo tanto, para fines del balance  **$\Delta V(S) = 0$** .

### Solución a 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:

$$\begin{aligned} R_v &= B \pm \Delta V(S) - E_h - R_r \quad (2) \\ R_v &= 4.9 + 0.0 - 4.1 - 0.7 \\ R_v &= 0.1 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

Por lo tanto el valor de la recarga total ( $R_t$ ) es igual a la suma de todas las entradas:

$$\begin{aligned} R_t &= E_h + R_v + R_r \\ R_t &= 4.1 + 0.1 + 0.7 \\ R_t &= 4.9 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

## 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:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{DISPONIBILIDAD MEDIA} & = & \text{RECARGA} & - & \text{DESCARGA} & - & \text{EXTRACCIÓN DE} \\ \text{ANUAL DE AGUA DEL} & & \text{TOTAL} & & \text{NATURAL} & & \text{AGUAS} \\ \text{SUBSUELO EN UN} & & \text{MEDIA} & & \text{COMPROMETIDA} & & \text{SUBTERRÁNEAS} \\ \text{ACUÍFERO} & & \text{ANUAL} & & & & \end{array}$$

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 (R) corresponde a la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este acuífero su valor es de **4.9 hm<sup>3</sup> anuales**, de los cuales 4.2 corresponden a la recarga natural y los 0.7 hm<sup>3</sup> restantes a la recarga inducida.

## 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 están comprometidos 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 del Acuífero Josefa Ortiz de Domínguez no se considera una descarga natural comprometida. Por lo tanto, **DNC = 0.0**

## 8.3 Volumen de extracción de agua subterránea (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 (REPGA), 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 **4,733,693 m<sup>3</sup> anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) 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 aguas subterráneas (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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 4.9 - 0.0 - 4.733693 \\ \text{DMA} &= 0.166307 \text{ hm}^3/\text{año} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de **166,307 m<sup>3</sup> anuales**.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1981. Actividades de Carácter Geohidrológico en las Zonas de Janos, Ascensión y Cuauhtémoc Chihuahua”, realizado por la empresa Consultoría de Ciencias de la Tierra.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1991. Actualización del Estudio Geohidrológico de las Zonas de Ascensión-Janos, Chihuahua.