



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO JANOS (0808), ESTADO DE
CHIHUAHUA**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES	2
Antecedentes.....	2
1.1 Localización.....	2
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	5
3. FISIOGRAFÍA.....	5
3.1 Provincias fisiográficas.....	5
3.2 Clima	6
3.3 Hidrografía.....	6
3.4 Geomorfología.....	7
4. GEOLOGÍA.....	8
4.1 Estratigrafía.....	8
4.2 Geología Estructural	12
4.3 Geología del Subsuelo	14
5. HIDROGEOLOGÍA	15
5.1 Tipo de acuífero.....	15
5.2 Comportamiento hidráulico	16
5.2.1 Profundidad al nivel estático	16
5.4.2 Elevación del nivel estático.....	18
5.4.3 Evolución del nivel estático.....	20
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....	20
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	21
7.1 Entradas.....	21
7.2 Salidas	22
7.3 Cambio de almacenamiento.....	22
8. DISPONIBILIDAD	23
8.1 Recarga total media anual (R).....	23
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	23
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	24
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	24

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 de Janos, definido con la clave 0808 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la parte noroccidental del estado de Chihuahua; ésta limita-do al norte por los Estados Unidos de Norteamérica; al noreste con los cerros El Tres, Blanco y Coyotes; al este con los cerros La Conversión y Cerros Colorados; al noroeste por la sierra San Luis; al suroeste por la sierra Ojos Azules y al sur por la sierra Ojo Hediondo (figura 1).

El acuífero cubre una superficie aproximada de 7.000 km², comprendido entre las coordenadas 30° 11' y 31° 12' de latitud norte, y los 107° 59' y 109° 05' de longitud oeste.

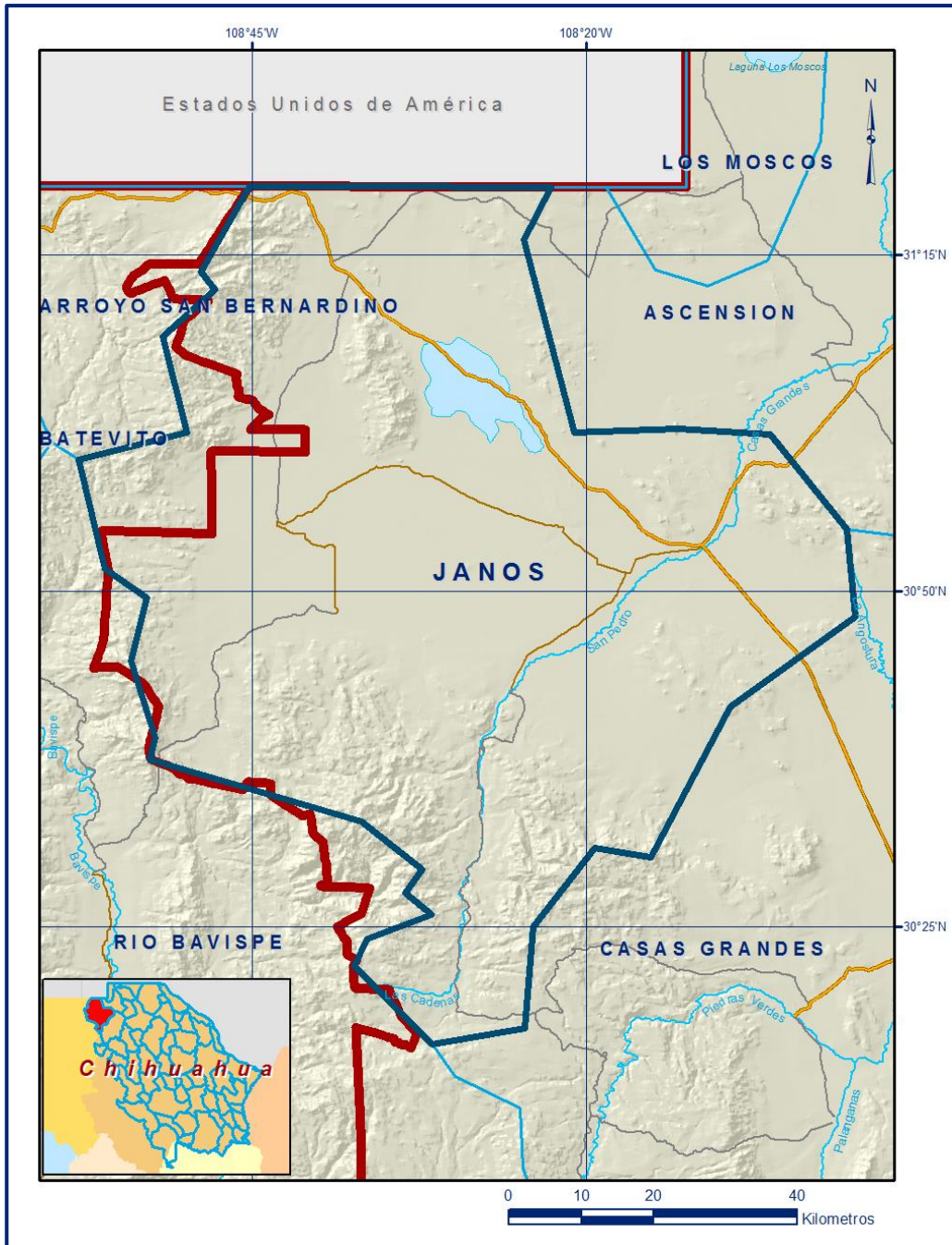


Figura 1. Localización del acuífero

La zona de estudio está integrada principalmente por el municipio de Janos, Chih. y parte del municipio de Casas Grandes, Chih., y en forma parcial por los municipios de Agua Prieta y Bavispe, Son.

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 0608 JANOS							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	108	22	38.6	31	20	2.1	
2	108	24	41.2	31	16	5.8	
3	108	20	52.1	31	1	46.7	
4	108	13	7.5	31	2	2.5	
5	108	6	11.9	31	1	36.3	
6	108	0	28.9	30	54	36.3	
7	107	59	49.5	30	48	3.7	
8	108	9	14.8	30	41	23.5	
9	108	15	9.8	30	30	10.2	
10	108	19	19.8	30	30	51.4	
11	108	23	56.2	30	25	0.8	
12	108	24	36.7	30	17	29.1	
13	108	31	29.5	30	16	16.8	
14	108	37	20.9	30	22	6.5	
15	108	36	25.8	30	24	7.6	
16	108	31	34.0	30	25	54.2	
17	108	33	31.5	30	27	30.9	
18	108	32	18.3	30	29	15.7	
19	108	36	51.1	30	32	52.5	
20	108	52	41.4	30	37	28.8	
21	108	52	15.3	30	39	2.8	
22	108	54	3.3	30	44	45.9	
23	108	52	55.1	30	49	28.8	
24	108	56	1.5	30	51	39.9	
25	108	58	1.3	30	59	44.8	
26	108	49	53.4	31	1	44.8	
27	108	51	41.8	31	8	53.1	
28	108	47	48.8	31	12	22.3	
29	108	48	51.1	31	13	44.4	
30	108	45	13.3	31	20	5.3	DEL 30 AL 1 POREL LIMITE ESTATAL
1	108	22	38.6	31	20	2.1	

La zona del acuífero de Janos se encuentra bien comunicada: el acceso terrestre se lleva a cabo a través de la carretera federal No. 2, que une a los poblados Ciudad Juárez-Ascensión–Janos.

La comunicación con la capital de Chihuahua se hace a través de carretera federal No. 45 con rumbo a Ciudad Juárez, a la altura de la estación El Sueco, aproximadamente después de 99 km de Chihuahua, se toma la carretera federal No. 10 con rumbo al poblado de Buenaventura, de donde se continúa transitando por la misma carretera para llegar hasta la población de Nuevo Casas Grandes, y de ahí a Janos. En el área de estudio existen además varios caminos vecinales y de terracerías que unen a los diversos poblados que se encuentran en ella.

La estación de ferrocarril más cercana a esta zona se encuentra en el poblado de Nuevo Casas Grandes; por vía aérea se puede llegar utilizando el aeropuerto de Nuevo Casas Grandes. Esta zona cuenta además con servicios de teléfono, telégrafo, radio y televisión.

Entre las poblaciones más importantes que se ubican dentro del área destacan: Janos, Santa Rosa, Tres Álamos, Las Manzanas, San Francisco, La Virgen, Santa Anita, San Pedro de Janos, Ejido Pancho Villa, San Blas, Las Virginias, Sierra de Enmedio, Bellavista, Monteverde y Alta-mira, así como algunas rancherías como El Boludo, Noria Nueva, Los Nogales, San Basilio, Ojo Caliente, Salta de Ojo, Buenos Aires, San Pedro de la Pradera, Peña Blanca, Ojitos Peñuelas, Ejido Casa Janos, Tres Álamos, El Cuervo y Rancho Casa de Piedra.

Zonas de Disponibilidad

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

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En 1971 se realizó el estudio hidrogeológico de los acuíferos del Distrito de Riego No. 62, Casas Grandes y de la zona de Janos, efectuado por Ariel Construcciones S.A. para la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

En 1972 se lleva a cabo el “Estudio hidrogeológico completo en la región de Janos, Edo. de Chihuahua”, realizado por Ariel Construcciones, S.A. para la Secretaría de Recursos Hidráulicos. En el año de 1979 se efectuó un estudio geohidrológico del sector occidental de Janos, realizado por la Residencia en el estado de Chihuahua de la Subdirección de Geohidrología y de Zonas Áridas, de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincias fisiográficas

De acuerdo con la clasificación de las provincias fisiográficas de INEGI, la zona de estudio se ubica en su mayor parte dentro de la provincia fisiográfica denominada Sierras y Llanuras del Norte y en la subprovincia Llanuras y Médanos del Norte, y en menor proporción en la provincia Sierra Madre Occidental y en la subprovincia Sierras y Cañadas del Norte.

Las formas fisiográficas más sobresalientes se definen por grandes serranías, formadas por una alternancia de rocas ígneas constituidas por lavas, brechas, tobas y rocas sedimentarias, con alturas que varían de 1,400 a 1,600 msnm, drenaje subparalelo a rectangular.

3.2 Clima

De acuerdo a Köppen, el clima se clasifica predominantemente como seco o estepario, con un coeficiente de p/t menor a 22.9, siendo menos seco hacia la parte sur del área de estudio; la parte oriental se caracteriza por poseer un clima desértico, esto es, la región donde se ubica la población de Janos.

La temperatura media anual para la zona se estima en 16.2° C. La precipitación media anual calculada es de 375.9 mm y en cuanto a la evaporación media, se ha calculado en 2,460.7 mm.

3.3 Hidrografía

El acuífero pertenece a la Región Hidrológica No. 34, "Cuencas Cerradas del Norte", Cuenca Laguna Guzmán-Casas Grandes. Desde el punto de vista administrativo pertenece a la Región VI Río Bravo.

La corriente más importante es el río Casas Grandes, el cual recibe en su parte alta, los nombres de río San Miguel y río Palangana; el desarrollo de este río es de sur a norte, cambiando de curso, entre la sierra Alta y la sierra Boca Grande, hacia el oriente, hasta descargar a la laguna de Guzmán. Existen otras corrientes importantes tales como el río San Pedro, afluente del río Casas Grandes, y arroyo Salto de Ojo, afluente también del río Casas Grandes, pero este se integra al río en el valle de Ascensión, localizado al noreste de la zona de estudio.

El río Casas Grandes recibe en el área de Janos las aportaciones del río San Pedro, que nace en la sierra de Tasahinora, al oeste de la Col Altamirano; en la zona de Janos el agua superficial de estos ríos es ocupada para fines de riego.

Sin embargo, dado que los escurrimientos del río Casas Grandes son captados prácticamente en su totalidad (a excepción de los años lluviosos que se presentan cada 3 a 5 años), para aprovecharse en el Distrito de Riego No. 62 Casas Grandes, puede considerarse que la zona agrícola de Janos no dispone de volúmenes de agua provenientes de este río, y cuenta únicamente con los del río San Pedro.

Para medir los escurrimientos del río Casas Grandes se cuenta con una estación hidrométrica ubicada sobre el cruce de dicho río con la carretera Casas Grandes-Nuevo Casas Grandes, sitio hasta el que el área drenada es de 5,271 km².

El escurrimiento del río es perenne desde su nacimiento hasta la presa San Isidro (localizada entre 2 y 3 km aguas abajo de la estación Casas Grandes); de dicho punto y hacia aguas abajo, debido a las derivaciones que hacen de sus escurrimientos para aprovecharse en la agricultura, el río desaparece en varios de sus tramos durante temporada de estiaje (excepto en años lluviosos). Dentro de la cuenca del río Casas Grandes existen varios arroyos entre los cuales, unos descargan directamente al río, otros a los afluentes de éste, y otros se infiltran al subsuelo antes de incorporarse a alguna de las corrientes citadas. Sus escurrimientos se presentan sólo durante épocas de lluvia, desconociéndose el volumen que aportan al río, debido a la carencia de hidrometría.

Sobre el Río San Pedro la obra de importancia que existe es la presa Casa Janos, que da origen a la unidad de riego de igual nombre a partir de la presa derivadora. La unidad de riego está formada por presa de almacenamiento, presa derivadora y red de distribución. La zona agrícola que utiliza los escurrimientos superficiales del río San Pedro, se localiza en la margen izquierda del mismo nombre a partir del kilómetro tres y medio del canal principal, hasta las proximidades de la Col. Fernández Leal.

Las hectáreas beneficiadas por los usuarios de aguas superficiales de la unidad de riego Casas Grandes-Janos es de 1,062 ha.

3.4 Geomorfología

Las características del relieve del área son el resultado de la interacción de los factores endógenos (tectónicos), y exógenos o niveladores (erosión, denudación e intemperismo), que aunados con el evento orogénico Laramídico, dieron lugar a la conformación del panorama morfológico que impera actualmente en la región. El papel de la tectónica fue fundamental tanto en el desarrollo de las serranías de origen volcánico ya que los efectos de compresión y distensión propiciaron la formación de fallas y fracturas por donde se originaron derrames y explosiones volcánicas que a la postre formaron las grandes serranías de la zona, en cuanto a las serranías de origen sedimentario fueron formadas por los efectos compresivos de la Orogenia Laramídica.

Atendiendo a las características topográficas, geológicas, estructurales, fisiográficas e hidrográficas identificadas, se pueden diferenciar los siguientes rasgos geomorfológicos.

Sierras Plegadas. Esta unidad ocupa una pequeña porción al sur y oriente de la zona, formando las elevaciones de la sierra del Chilicote, constituida por rocas carbonatadas del Cretácico, y de la sierra del Monumento, con una edad correspondiente al Paleozoico.

Sierras Volcánicas. Constituyen las elevaciones localizadas al norte de la población de Janos, conocidas como cerros La Casita, Crestones y Picacho, entre otros, que están formados en su mayor parte por riolitas y tobas riolíticas, localizadas inmediatamente al norte de la población de Janos.

Mesetas asociadas a eventos ígneos. Las manifestaciones de los eventos ígneos extrusivos producidos por extravasaciones de magmas de composición ácida a intermedia configuran mesetas sensiblemente planas en la zona.

Planicies. Este rasgo geomorfológico abarca la mayoría de las zonas bajas del área; se encuentra ampliamente distribuida y presenta una pendiente sensiblemente plana, los materiales que se acumulan en esta unidad provienen de la erosión de las rocas preexistentes. El valle de Janos se considera dentro de esta unidad geomorfológica. El origen de estas planicies se encuentra íntimamente relacionado con el fallamiento normal de orientación principal noroeste–sureste producido en la etapa distensiva de la orogenia Laramídica.

4. GEOLOGÍA

4.1 Estratigrafía

El marco geológico de la entidad está conformado por rocas de edad y composición muy variadas que fueron producto de una serie de eventos geológicos iniciadas desde el Paleozoico al Reciente (Figura 2).

A continuación, se hace una descripción breve de cada una de ellas, de la más antigua a la más reciente.

Paleozoico. Los afloramientos de edad Paleozoica en la zona los constituyen rocas sedimentarias marinas, afloran cerca de la frontera con EE.UU (Sierra del Monumento).

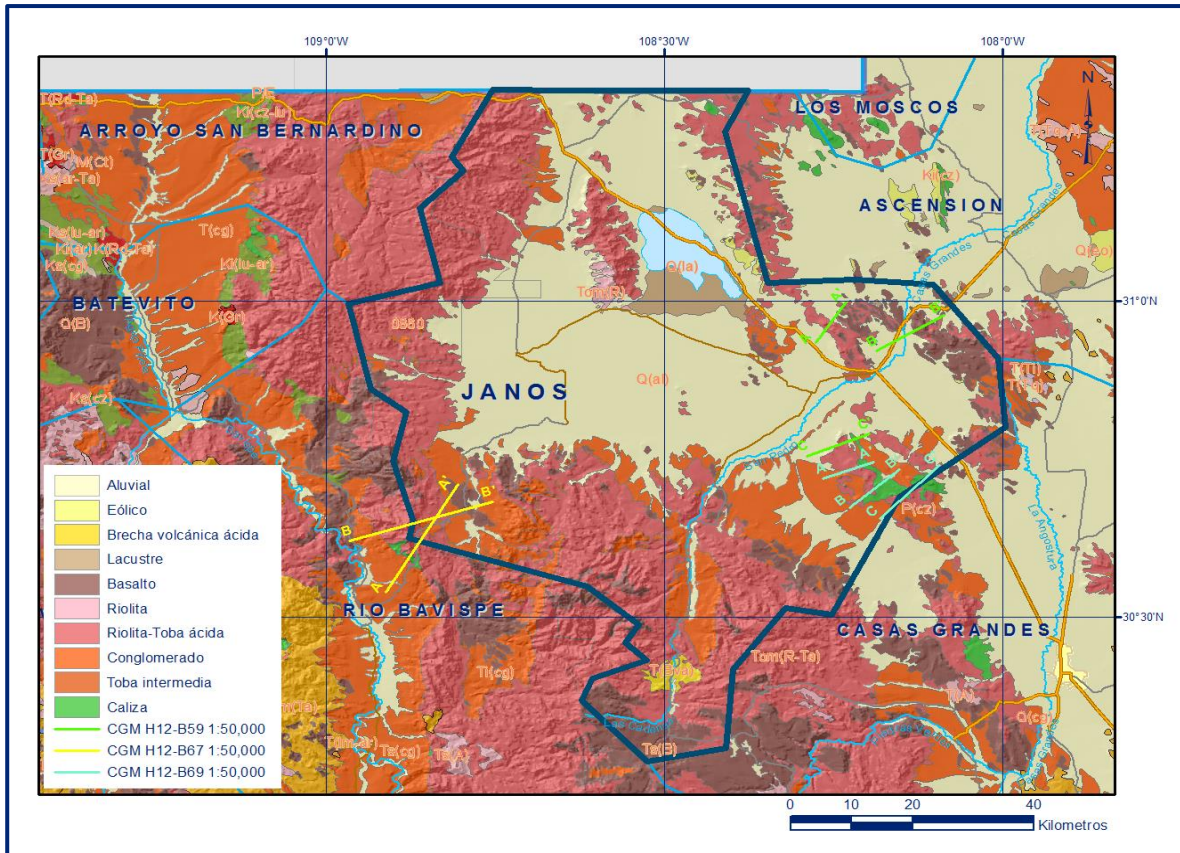


Figura 2. Geología general del acuífero

Consisten en estratos gruesos a masivos de caliza de color gris oscuro, fracturada, de grano fino a grueso, con vetillas de calcita, pedernal y abundantes fósiles. Su espesor aproximado es de 200 m.

En el pozo de exploración perforado por Pemex, conocido con el nombre de Centauro, situado a 20.5 km, al NW de Ascensión y a 13.5 km, al SE del afloramiento descrito, las rocas paleozoicas Pérmicas se cortaron a partir de los 460 m, continuando hasta la profundidad de 3 750 m; a partir de los 3 750 m. la exploración cortó rocas paleozoicas más antiguas no expuestas en el área.

Cretácico. El Cretácico en la zona, se presenta en afloramientos aislados, encontrándose a unos 5 km al norte del rancho El Chilicote una de sus mejores exposiciones. La parte inferior y media están constituidas por bancos gruesos de caliza arrecifal, de color gris oscuro, que con el intemperismo han cambiado a gris claro y café rojizo, grano fino, microfosilífera, en estratos medianos y gruesos con oquedades de disolución en la parte superior la caliza arrecifal alterna con capas delgadas de caliza arcillosa, de color gris oscuro.

Terciario. Las rocas del Terciario están representadas por una gruesa serie de sedimentos clásticos de tipo continental, intercalados con derrames de lava, tobas y otros piroclásticos en una superposición múltiple.

Terciario sedimentario. Brecha Calcárea. Consiste en clastos de caliza con formas subangulares, empacados en una matriz arenosa de grano grueso a fino, con cementante calcáreo; el espesor expuesto de este conglomerado es de unos 50 m, se presenta en estructura masiva, en color gris rojizo. La expresión topográfica de esta unidad consiste en una serie de acantilados que se localizan a unos 3 km al noreste del rancho El Chilicote, en la parte alta de la sierra del mismo nombre.

Conglomerado. Está constituido predominantemente por clastos de rocas volcánicas, y en menor proporción por fragmentos de rocas calcáreas, empacados en una matriz arenosa y unidos con cementante calcáreo, su cohesión es variable y aflora en el cerro del Chilicote. Su espesor varía de 460 a 2 113 m, según perforaciones realizadas por Pemex (pozos Centauro, El Espía y El Camello).

Terciario volcánico. Los eventos volcánicos ocurridos en el área se manifiestan como derrames lávicos y diversos depósitos de piroclásticos, entre los que predominan los de tipo ácido. Sus afloramientos se observan en la mayoría de las sierras, alcanzando su máxima expresión en la porción occidental. Las coladas básicas, menos frecuentes, se distinguen en pequeños afloramientos en las porciones central y noroccidental.

Riolitas y tobas. Con esta denominación se ha clasificado a una alternancia de grandes espesores de riolitas fluidales, brechas riolíticas y tobas, donde la base está constituida por tobas riolíticas que sobreyacen indistintamente a rocas calcáreas del Paleozoico y del Cretácico, o bien a depósitos de conglomerados de edad terciaria. La distribución superficial de estas rocas es muy amplia y es hacia la porción poniente, donde alcanza sus mayores proporciones, su coloración varía de café rosado al gris claro, con color de intemperismo blanquecino y café pardo, dispuestas en formas típicas de elevaciones con bordes escarpados y mesetas casi horizontales. A unos 10 km al noroeste de Janos, existe un afloramiento de derrames riolíticos que configuran cerros de mediana altura, en los cuales la riolita se presenta en color gris rosado, fracturada y con textura porfirítica. Sobre la carretera Janos-Ascensión, a 3 km al norte de Janos se presentan derrames riolíticos en estructura masiva así mismo en un pozo denominado PCGO-12, perforado en las inmediaciones de Janos de cortó un espesor de 168 m.

Terciario Andesítico-Basáltico. La unidad está constituida por andesitas y basaltos, rocas distribuidas, principalmente en las partes bajas de las sierras. Sobreyacen a rocas riolíticas y a sedimentos terciarios. Las localidades más representativas donde se presenta esta unidad son: los cerros del Mezcal, sobre la carretera Janos-Ascensión, al noreste de la población de Janos, sitio en el cual las rocas consisten en coladas delgadas de andesita-basáltica, de color gris, en diversos tonos, así mismo al noroeste de Janos, a unos 10 km de distancia de este poblado, existen pequeños afloramientos de basalto color negro.

Cuaternario. Las rocas del Período Cuaternario son sedimentos continentales granulares, constituidos por fragmentos provenientes de la desintegración de los materiales existentes; abarcan las unidades siguientes:

Abanicos aluviales. Estos depósitos se distribuyen en forma de franjas, alineadas principalmente en las estribaciones de las cordilleras que bordean los valles, extendiéndose hacia el interior de los mismos.

Tienen espesores del orden de 400 m. El tamaño de los sedimentos varía entre el de bloques, hasta el de arenas gruesa, con predominancia de materiales del tamaño de la grava y la arena gruesa, derivados, esencialmente, de rocas ígneas y en menor grado de rocas sedimentarias marinas.

Depósitos fluviales. Se observan buenas exposiciones de esta unidad, en el cruce de la carretera Janos-Agua Prieta con el arroyo Salto del Ojo, así como al norte de Janos, sobre el río Casas Grandes. El conjunto se integra por clastos cuyo tamaño varía entre el de cantos rodados hasta el de arenas y limos.

Depósitos de llanuras de inundación. Se observan en las márgenes de las corrientes principales, en áreas de desbordamiento, lagunas de inundación o meandros abandonados; consisten en una serie de limos, arcillas, arenas y en menor proporción gravas, sin consolidación; su mejor exposición se halla al occidente de Janos, entre la sierra de Enmedio y la carretera Janos-Agua Prieta.

Depósitos de pie de monte. Ocupan las zonas transicionales entre las cordilleras y los valles; consisten de cantos, gravas y arenas, con formas angulosas o subangulosas, derivados de rocas volcánicas y sedimentarias marinas.

Depósitos eólicos. Consisten en sedimentos del tamaño de la arena fina y limo, con alto contenido de cuarzo y feldespato; su color varía de café claro a café rojizo. Su distribución superficial es muy irregular, encontrando buenas exposiciones al noroeste de Janos, formando pequeñas lomas de altura muy reducida, con pendientes suaves y redondeadas, o configuran llanuras de escasas variantes topográficas.

Suelos. Predominan los suelos de los tipos: arcillo-limosos, gravo-arenosos, gravo-arenosos mal graduados, limo-arenosos y areno-limosos.

Rocas ígneas intrusivas. La presencia de estas rocas en la región es limitada, comprendiendo granitos y dioritas y en menor proporción diques de la misma naturaleza. Sus principales exposiciones se localizan en la porción meridional de la sierra de Enmedio y en la sierra de San Luis donde constituyen cuerpos de considerables dimensiones. En estas zonas consisten principalmente en rocas graníticas de grano grueso de color gris claro a blanquecino, mientras que a 2 km al suroeste del rancho El Berrendo, se presentan rocas graníticas de color gris, con color de intemperismo café rojizo, muy fracturadas superficialmente.

Unidades hidroestratigráficas

El acuífero en explotación en el área de estudio consiste en abanicos aluviales, a los que a veces se sobreponen depósitos de llanuras de inundación o fluviales, en cuyo caso el conjunto se comporta como una sola unidad geohidrológica. El acuífero de la región de Janos, Chih. es explotado por medio de pozos distribuidos en toda el área de estudio, principalmente en las partes bajas del valle y en las cercanías de los arroyos Carretas, Salto del Ojo y ríos San Pedro y Casas Grandes. El aprovechamiento del agua subterránea, para diversos usos, se realiza primordialmente a través de pozos con profundidades que varían de 10 a 342 m.

4.2 Geología Estructural

Las estructuras geológicas que conforman el área han sido producto de una sucesión de acontecimientos naturales que modelaron la corteza terrestre, entre los cuales destacan la intensa actividad tectónica acaecida durante la Revolución Laramídica desde fines del Cretácico Superior hasta principios del Terciario, generadora de los esfuerzos compresivos que plegaron y dislocaron a las rocas sedimentarias, dando lugar a formación de cadenas montañosas, finalizando con el episodio tectónico de carácter distensivo que originó los pilares y fosas tectónicas de la zona.

Los sucesos más antiguos ocurridos en la zona datan del Paleozoico, época en la que se originaron las cuencas constituidas por fosas tectónicas y los pilares correspondientes, tales como el levantamiento de Magdalena y las cuencas de Álamo Hueco y Pedregosa, originadas, la primera durante el Pensilvánico tardío o Pérmico temprano, y la segunda, que inscribía la de Álamo Hueco, en el Pérmico.

El Triásico y Jurásico se encuentran ausentes en la región; no obstante, los materiales depositados en áreas vecinas indican que en el comienzo del Mesozoico hubo una etapa de sedimentación acompañada por fenómenos tectónicos que provocaron oscilaciones marinas, considerándose que solamente la región noroccidental del estado de Chihuahua permaneció emergida durante todo el Triásico.

Durante el Jurásico, que como se mencionó está ausente en el área, posiblemente en el Oxfordiano, se inicia una invasión marina de grandes proporciones que cubrió casi totalmente la superficie del estado, con excepción de su porción central, conocida como la Isla de Aldama y que constituía una tierra positiva aislada.

Durante el Cretácico Inferior continúa la transgresión marina, dando lugar a sedimentos de tipo marginal, y a su término, sucesivas transgresiones del mar del golfo hicieron variar los tipos de los sedimentos, desde las facies yesíferas de depósitos lagunares del Aptiano, hasta las calizas neríticas del Albiano.

Desde el Albiano y hasta el final del Cenomaniano las aguas cubrieron casi todo el norte de la república, quedando todo el estado de Chihuahua bajo el mar. Tales condiciones perduraron casi hasta el final del Cenomaniano, época en la que ocurrieron varias fluctuaciones del nivel mar tierra, hasta el Maestrichtiano, que señala el fin de esta gran invasión marina.

A finales del Cretácico y principios del Terciario se marca el inicio del levantamiento orogénico conocido como Revolución Laramídica, que cambió radicalmente la disposición original de las facies sedimentarias

Se plegaron los sedimentos depositados y formando las estructuras que conforman dichas rocas, las cuales, al cesar los esfuerzos compresivos y dar inicio a los distensivos fueron fracturadas y falladas, originándose nuevas cuencas.

Esta etapa se vio acompañada por grandes erupciones volcánicas que tuvieron lugar a fines del Oligoceno o principios del Mio-ceno, que comenzó con la expulsión de material piroclástico y afluencia de corrientes de lava intermedia y ácida (andesitas y riolitas), concluyendo hacia el Eoceno y principios del Plioceno, marcando su final una serie de procesos de tipo volcánico cuyo inicio parece ser una emisión de piroclastos, esencialmente tobas y cenizas volcánicas, seguida por emisiones de lavas de composición intermedia a básica, formando los basaltos que fluyeron ocupando las partes bajas de los valles y ocasionalmente sobre las montañas, coronando sierras de alturas considerables.

En el Pleistoceno, los fenómenos de intemperismo y erosión desintegran las rocas y generan depósitos que rellenaron los actuales valles. El marco tectónico de la región se asocia con los fenómenos orogénicos que ocurrieron en el desarrollo de la Sierra Madre Occidental, y que dieron lugar localmente a deformaciones y rupturas del terreno. Desde el punto de vista estructural la región se vincula estrechamente con el desarrollo de la Sierra Madre Occidental, forma parte de la faja de terreno inmediata al borde continental que fue embestido por la litósfera oceánica, generando magmas de composición variable y el vulcanismo característico de la evolución orogénica.

Estos acontecimientos generan en la zona diversos tipos de estructuras representadas por pliegues sedimentarios anticlinales que forman los altos topográficos, y derrames volcánicos originados simultáneamente con algunos intrusivos aislados.

Las partes bajas conforman sinclinales alargados de orientación general noroeste-sureste, limitados por los anticlinales mencionados. La tectónica cortante se revela por el juego de fallas normales de gran extensión y orientación similar a la de los plegamientos y que dieron origen a los actuales cuenca y valles de la zona.

4.3 Geología del Subsuelo

La geología del subsuelo de la zona de Janos se encuentra constituida por una alternancia de arenas gravas y limos, con un espesor del orden de los 60 m, los cuales descansan sobre un potente derrame de basalto que varía de poco fracturado y alterado, hasta altamente consolidado y de escaso fracturamiento; el derrame mencionado descansa sobre una capa de tobas riolíticas de 150 m de espesor, y subyaciendo a las tobas mencionadas se encuentra una capa de arenas de cuarzo de 80 m de espesor, la cual a su vez descansa sobre una capa de riolitas de espesor desconocido.

5. HIDROGEOLOGÍA

El acuífero se encuentra dentro de un ambiente geológico que abarca una amplia variedad de rocas, que van desde el Paleozoico al Cuaternario. Las rocas del Paleozoico son marinas y las del Cretácico también; en el Terciario y Cuaternario se presentan sedimentos clásticos y rocas volcánicas.

El acuífero está constituido por sedimentos continentales en los que se emplazan todas las obras de extracción de agua subterránea. La zona es esencialmente agrícola y el agua que se utiliza para el riego se explota por medio de pozos y norias; utilizándose escasamente agua superficial.

5.1 Tipo de acuífero

Existen dos sistemas de acuíferos, uno situado al sur de la sierra de Enmedio que cubre la mayor parte del área de estudio y el otro que comprende la parte oriente y norte de la misma. La explotación del acuífero de Janos comenzó antes del año de 1960; sin embargo, es a partir de esta fecha cuando la explotación del acuífero comienza a tener importancia, debido a que en esa época inicia un incremento notable de perforaciones de pozos para la extracción de agua subterránea.

El acuífero se recarga con agua de lluvia que se precipita e infiltra en las sierras que lo circundan como las sierras San Luis, Ojos Azules y Ojo Hediondo. Las partes bajas del valle también permiten la recarga al acuífero a través de la infiltración de agua de lluvia y de retornos de agua de riego. En términos generales el flujo de agua subterránea que proviene de las sierras que lo circundan se dirige hacia las partes bajas, presentando salidas hacia el nororiente del valle, y con dirección al acuífero de Ascensión; las descargas subterráneas del acuífero tienen lugar básicamente en dos zonas, la primera en el área de confluencia del río San Pedro y río Casas Grandes al noro-riente del poblado de Janos, y la segunda, por la zona donde el río Salto del Ojo sale del valle de Janos hacia el de Ascensión, entre cerro Blanco y cerro El Tecate. La descarga artificial se lleva a cabo por extracciones de agua subterránea a través de aprovechamientos subterráneos.

Las características hidráulicas del acuífero se consideraron tomando en cuenta los resultados de las pruebas de bombeo, que según estudio efectuado en el año de 1972 oscilan entre 1 a $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ con un valor medio de $4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; y de acuerdo al estudio de 1979, las transmisividades fluctúan entre $0.28 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, siendo la mayoría menores de $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. El acuífero es de tipo **libre**.

5.2 Comportamiento hidráulico

El acuífero de Janos ha sido observado a través del comportamiento de sus niveles de agua subterránea, existiendo datos de niveles estáticos desde noviembre de 1971 y de septiembre de 1972, elaborando para este último una configuración del nivel estático, con base en datos obtenidos en aproximadamente 75 pozos. Posteriormente se continuó con las campañas de medición de niveles estáticos en pozos, como las de 1977, 1978 y 1979; de éstas, la primera contó con el mayor número de datos (del orden de 275 pozos) obtenidos durante el censo de pozos efectuado en esa fecha; actualmente se cuentan con datos más recientes como los correspondientes a los años de 1986 y 1996.

5.2.1 Profundidad al nivel estático

En la figura 3 se presenta la configuración de las curvas de igual profundidad al nivel estático de los pozos regionales, donde se aprecia que dichas profundidades se comportan en forma por demás variable, aunque cabe señalar que se refieren a las condiciones registradas en 1978, representativas de la información más actualizada que se pudo disponer en forma de configuraciones. En la porción norte de la configuración varían entre 13 y 90 m, se presentan los valores mínimos en la planicie y los máximos hacia las estribaciones de las sierras, tanto del oriente como del poniente. En la planicie central varían entre 6 y 70 m, al SW del ejido Francisco Villa. En la porción central varían entre 3 y 20 m, comprendiendo una superficie donde deben darse descargas del acuífero por evapotranspiración de los niveles freáticos. En rigor se tienen datos piezométricos en noviembre de 1996, apreciándose que los valores de la profundidad del agua en el subsuelo varían de 10 a 80 m, localizándose los niveles más someros en las márgenes de las corrientes superficiales como el río San Pedro y los arroyos de Carretas y Salto de Ojo.

En cuanto a los niveles de mayor profundidad estos van ascendiendo de valor conforme aumenta la elevación del terreno hacia las estribaciones de las sierras de Enmedio y Ojos Azules, que rodean el área, aumentando la profundidad conforme crece la elevación topográfica, siendo la profundidad media en el valle de 20 m.

Por lo anterior se infiere que, a pesar de no haber una configuración de 1996, las profundidades de los niveles estáticos manifiestan condiciones similares a las de 1978, por lo que lo descrito para esta última fecha es vigente en la actualidad.

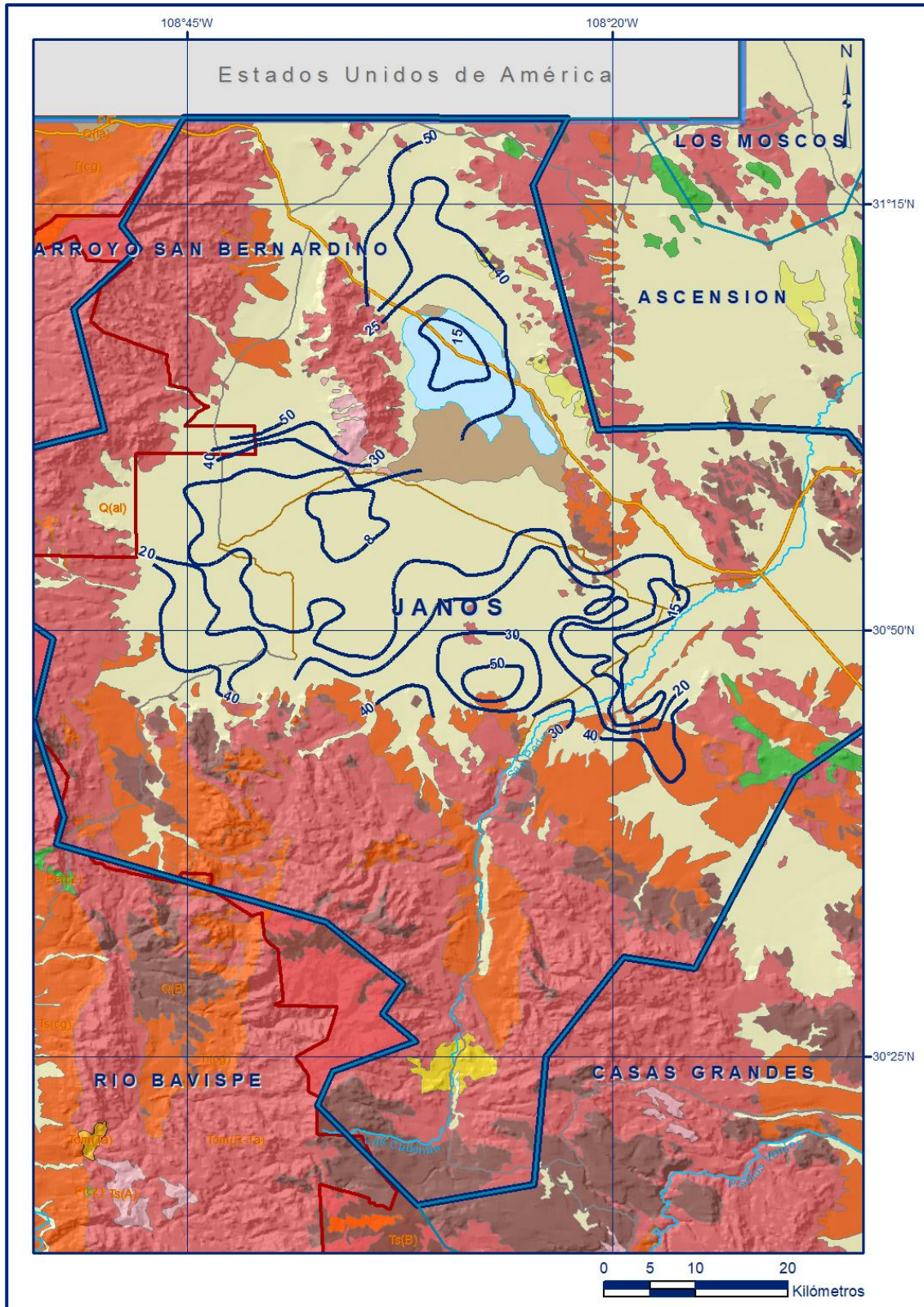


Figura 3. Profundidad al nivel estático en m (1978)

5.4.2 Elevación del nivel estático

La configuración de la elevación del nivel estático de febrero de 1978, tal como se puede ver en la figura 4, muestra que el agua subterránea tiene su recarga por las sierras que circundan al valle de Janos, principalmente las ubicadas al sur y oriente de este valle; en el área de influencia del río San Pedro el flujo subterráneo se mueve con una dirección preferencial de sur a norte cambiando el rumbo hacia el nororiente entre el poblado de Tres Álamos y Rancho Salto del Ojo, de tal forma que sigue un curso prácticamente paralelo al río San Pedro.

En la parte suroeste, en las faldas de la sierra Ojos Azules la dirección del flujo es en sentido noreste, hacia las zonas bajas del valle.

El agua subterránea tanto en la porción donde se localiza la Col. Las Virginias, Ejido Monteverde, Altamira y Francisco Villa, como en la parte central del valle sigue un curso paralelo al del arroyo Salto del Ojo y al arroyo Carretas.

Estos flujos tienden a buscar una salida hacia el nororiente de la zona de estudio, donde se localiza el valle de Ascensión. Al oriente de la sierra de Enmedio la configuración es radial, convergente hacia una zona que superficialmente es área de inundación.

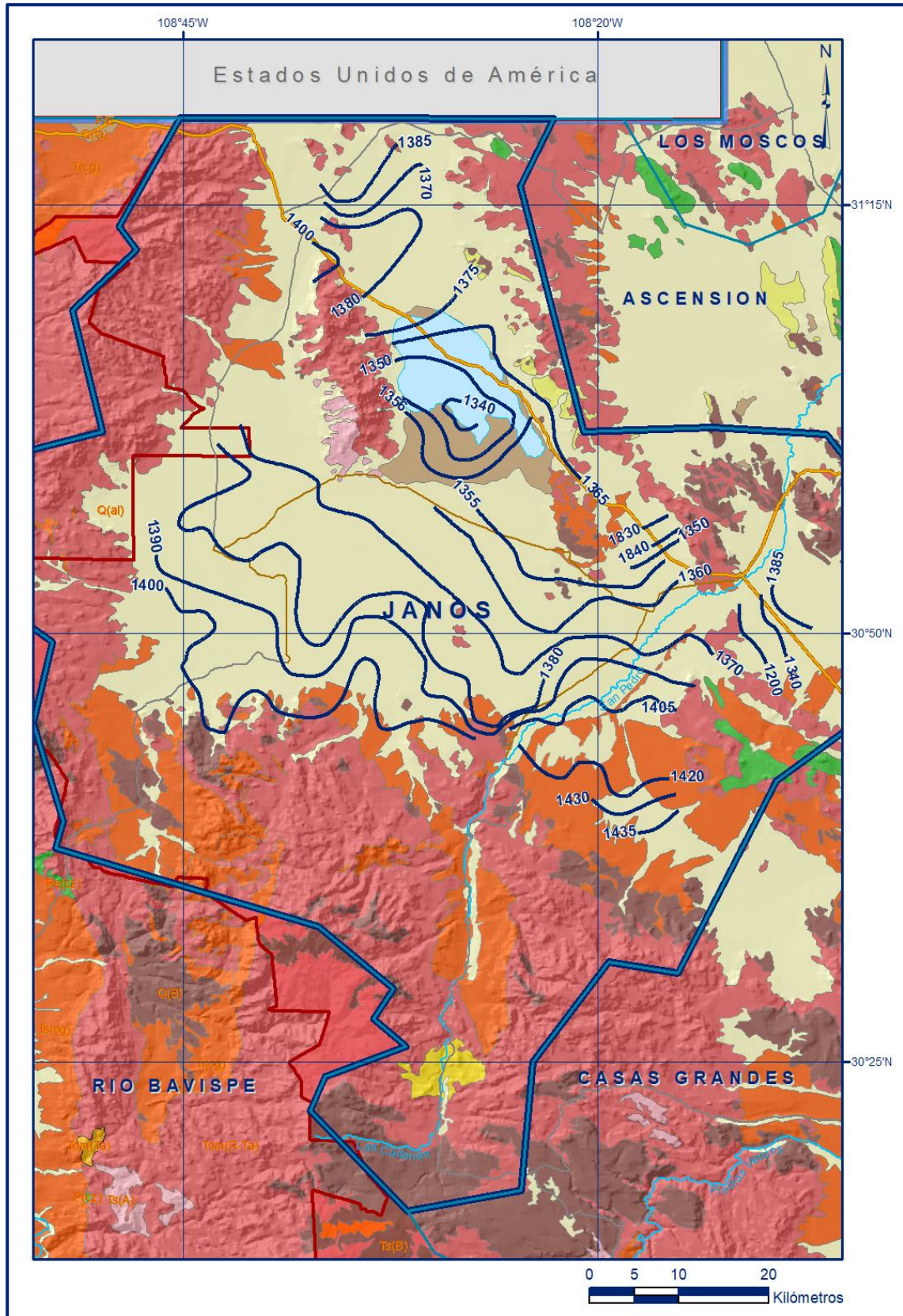


Figura 4. Elevación del nivel estático en m (1978)

5.4.3 Evolución del nivel estático

Para el período octubre 1986-1996, fue posible procesar los datos para ambas fechas y se obtuvieron las evoluciones de los niveles estáticos, observándose un abatimiento en el área centro-occidente del valle, en la zona de la Col. Buenos Aires, con descensos de hasta 1.0 m, aunque también se presentan recuperaciones en la porción N-W del valle.

En la zona de la Col. Las Virginias ubicada en la porción central del valle, en 1985 y 1986 se perforaron alrededor de 200 pozos; sin embargo, para esta fecha aún no se notan los efectos del bombeo de estos pozos. De acuerdo a las observaciones efectuadas, los abatimientos en la porción central del valle continúan incrementándose por el sobrebombeo local, con valores promedio anuales que varían de 0.3 a 1.32 metros.

La evolución media anual del acuífero es de 0.4 m en el período considerado.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

Del total de los 525 aprovechamientos de agua subterránea, 522 son pozos y 3 manantiales. La extracción por pozos es de 110.17 hm³/año y 5.5 hm³/año a través de los manantiales. En la tabla siguiente se muestra el aprovechamiento por usos del agua subterránea en la zona donde se localiza el acuífero de Janos.

Tabla 2 Aprovechamiento del agua subterránea.

Uso	Volumen hm ³ /año	Porcentaje (%)
Doméstico- abrevadero	5.00	4.3
Agrícola	110.00	95.1
Público Urbano	0.57	0.5
Industrial	0.10	0.1
Total	115.67	100

La extracción total de agua subterránea en la zona es de **115.7 hm³/año**, la cual se destina principalmente para la agricultura, y en menor proporción para uso doméstico y público urbano; el uso industrial es muy bajo.

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 anualmente por el almacenamiento no renovable del subsuelo.

La ecuación general de balance de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

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

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:

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

7.1 Entradas

La recarga del acuífero corresponde básicamente a los volúmenes infiltrados por agua de lluvia y que se presentan en las sierras y en las partes bajas de la zona de estudio, así como por el exceso de agua de irrigación en los campos de cultivo.

La recarga natural, considerada como la suma de la infiltración del agua de lluvia más el flujo subterráneo proveniente de las zonas montañosas que rodean al valle, se ha calculado en 130.3 hm³/año.

Para el agua de lluvia se consideró un área de valle de 2 675 km², una precipitación de 375.9 mm y un coeficiente de infiltración de 0.06, dando como resultado una recarga natural de 60.3 hm³/año. La recarga horizontal por flujo lateral es de **70.1 hm³/año**.

Es importante mencionar que los volúmenes que fluyen por el río Casas Grandes, el principal de la región, son escurrimientos intermitentes y efímeros, transportando agua únicamente en períodos relativamente cortos de tiempo, por lo que, de haber infiltración de una parte de ellos, los volúmenes que recargan al acuífero serían insignificantes, razón por la cual no se contemplan en el balance.

La recarga inducida proviene del agua subterránea que se utiliza en el riego, y en una menor proporción, del agua utilizada en usos domésticos y público urbano.

El monto total de la recarga inducida se ha calculado en **11.55 hm³/año**, al considerar el volumen aplicado al riego (110 hm³/año de agua subterránea) por un coeficiente de infiltración de 0.10 y de multiplicar el volumen utilizado en usos domésticos y público urbano (0.57 hm³/año) por un coeficiente de 0.10.

7.2 Salidas

Las salidas del sistema acuífero están integradas por las descargas naturales, que han sido reducidas y modificadas por las condiciones actuales de explotación, más las descargas artificiales por efecto del bombeo en los pozos, y por evaporación de los niveles freáticos someros. Las salidas totales del sistema se han calculado en 143.3 hm³/año, distribuidos de la siguiente manera:

Las descargas naturales del acuífero son por flujo subterráneo horizontal que se presentan al noreste de la zona de estudio, y que se dirigen hacia el valle de Ascensión; se calcularon en **15.97 Mm³/año**.

Es importante mencionar la posibilidad de que parte de esta fuga se pierda en las sierras que atraviesa, llegando sólo una parte al acuífero de Ascensión.

Otra descarga se produce por evaporación en las áreas de niveles someros y que corresponden básicamente a la zona central del valle, así como una parte localizada al suroeste de la población de Janos, y que en total son del orden de 475 km², con profundidades menores a 10 m, y calculadas en **11.69 hm³/año**, al considerar un porcentaje de 0.01 de la evaporación, la cual es del orden de 2 460 mm.

La extracción de agua subterránea se ha calculado en **115.70 hm³/año**, conformada por el bombeo en pozos.

En la zona de estudio no existen corrientes permanentes, y en consecuencia no hay descarga del acuífero por concepto de flujo base.

7.3 Cambio de almacenamiento

Para el cálculo de este término se consideró la evolución piezométrica del acuífero en el intervalo de tiempo 1986-1996, de 0.4 m/año, valor que aplicado al área del valle (2 675 km²), resulta un volumen drenado de 1 070 hm³/año, y aplicando un coeficiente de almacenamiento de 0.00131, resulta un cambio en el almacenamiento de **-1.4 hm³/año**.

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:

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

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 que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero.

Para este caso, su valor es de **142.0 hm³/año**, todos ellos son de recarga natural.

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 acuífero en el estado de Chihuahua, existe una descarga natural comprometida de **15.7 hm³/año**.

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 (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 **168,055,087 m³** 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 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 142.0 - 15.7 - 168.055087 \\ \text{DMA} &= -41.755087 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de **41,755,087 m³ anuales**.