

***Actualización de la disponibilidad media anual  
de agua en el acuífero Las Pampas (0850),  
Estado de Chihuahua***

*Publicada en el Diario Oficial de la Federación  
20 de abril de 2015*

## Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

### CCCXXV REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "RÍO BRAVO"

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					

#### ESTADO DE CHIHUAHUA

0850	LAS PAMPAS	12.7	0.0	0.007000	0.1	12.693000	0.000000
------	------------	------	-----	----------	-----	-----------	----------

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.



**Comisión Nacional del Agua**  
**Subdirección General Técnica**  
**Gerencia de Aguas Subterráneas**  
**Subgerencia de Evaluación y**  
**Ordenamiento de Acuíferos**

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN  
EL ACUÍFERO LAS PAMPAS (0850), ESTADO DE  
CHIHUAHUA***

**México, D.F. Mayo de 2011**

## CONTENIDO

1.	GENERALIDADES.....	1
	Antecedentes.....	1
1.1	Localización .....	1
1.2	Situación administrativa del acuífero .....	3
2.	ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.....	4
3.	FISIOGRAFÍA .....	4
3.1	Provincia Fisiográfica .....	4
3.2	Clima.....	5
3.3	Hidrografía .....	5
3.4	Geomorfología .....	6
4.	GEOLOGÍA .....	6
4.1	Estratigrafía.....	8
4.2	Geología estructural.....	14
4.3	Geología del subsuelo.....	14
5.	HIDROGEOLOGÍA.....	15
5.1	Tipo de acuífero .....	15
5.2	Parámetros hidráulicos.....	15
5.3	Piezometría.....	15
5.4	Comportamiento hidráulico.....	16
5.5	Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea .....	16
6.	CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA .....	16
7.	BALANCE DE AGUAS SUBTERRRANEAS.....	16
7.1.	Entradas.....	17
7.1.1.	Recarga vertical.....	17
7.2.	Salidas .....	22
7.2.1.	Bombeo (B) .....	23
8.	DISPONIBILIDAD.....	23
8.1	Recarga total media anual (Rt).....	23
8.2	Descarga natural comprometida (DNCOM) .....	23
8.3	Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS) .....	23
8.4	Disponibilidad de aguas subterráneas (DAS) .....	24
9.	BIBLIOGRAFIA .....	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-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 Las Pampas, definido con la clave 0850 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción suroriental del estado de Chihuahua, entre los paralelos 27°11' y 27°48' de latitud Norte y entre los meridianos 104°28' y 104°59' de longitud Oeste, cubriendo una superficie de 1527 km<sup>2</sup>.

Limita al norte con el acuífero Llano de Gigantes; al noreste con Rancho El Astillero, al este con Rancho La Gloria, al sur con los acuíferos Escalón y Jiménez Camargo, y al oeste con Jiménez-Camargo, todos ellos pertenecientes al estado de Chihuahua (figura 1).

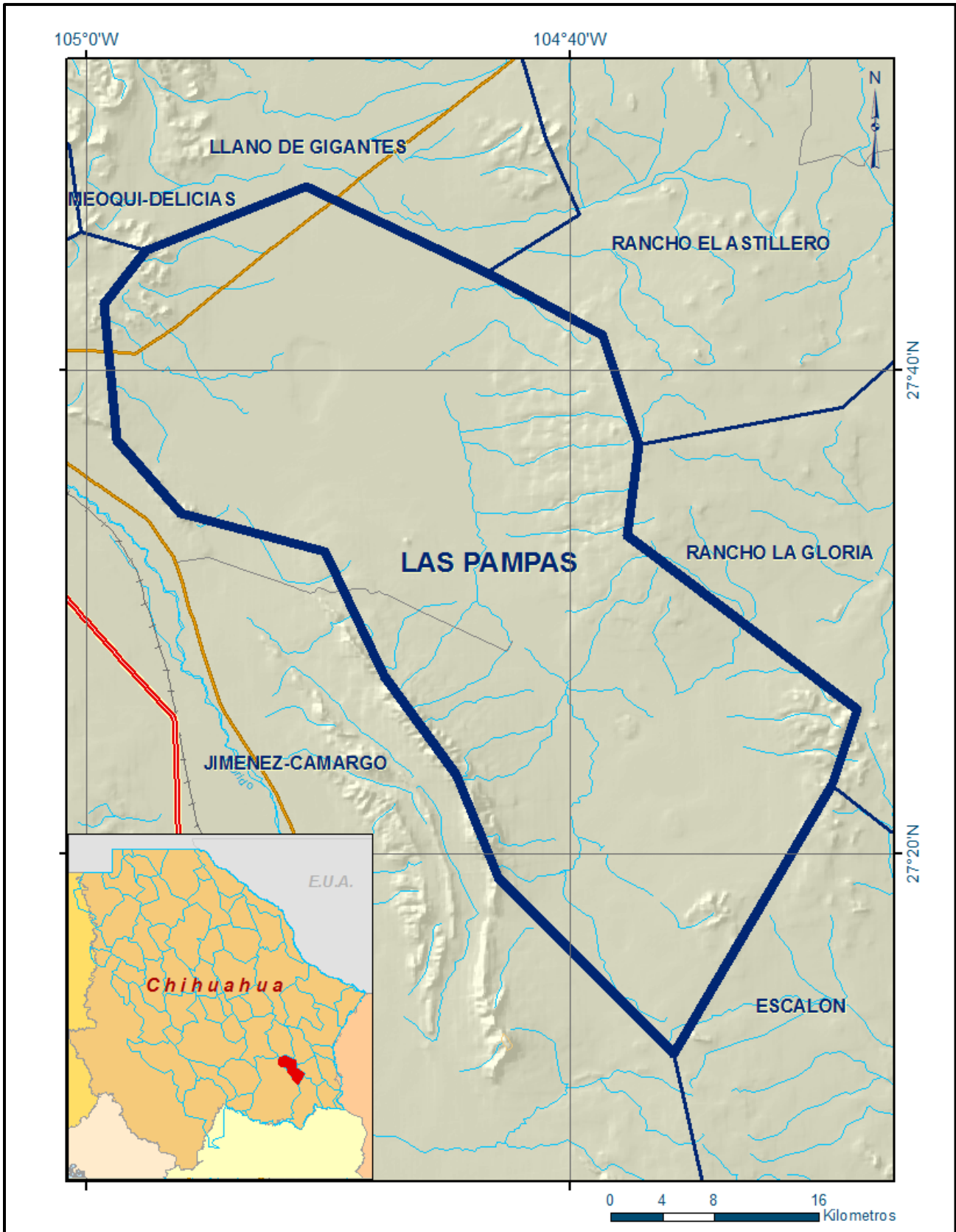


Figura 1. Localización del acuífero Las Pampas

Geopolíticamente su territorio se encuentra ubicado totalmente dentro de los municipios de Jiménez y Camargo. 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

**ACUIFERO 0850 LAS PAMPAS**

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	104	38	38.1	27	41	26.7
2	104	37	8.2	27	36	54.8
3	104	37	37.4	27	33	12.3
4	104	28	8.1	27	25	57.4
5	104	29	9.9	27	22	52.1
6	104	35	41.7	27	11	45.7
7	104	42	58.9	27	19	2.5
8	104	44	43.0	27	23	15.8
9	104	47	41.1	27	27	21.2
10	104	50	9.1	27	32	31.1
11	104	56	4.3	27	34	7.3
12	104	58	43.1	27	37	8.7
13	104	59	15.0	27	42	44.1
14	104	57	32.6	27	44	57.9
15	104	50	54.6	27	47	35.5
16	104	43	28.1	27	44	1.7
1	104	38	38.1	27	41	26.7

## 1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Las Pampas pertenece al Organismo de Cuenca VI “Río Bravo” y es jurisdicción territorial de la Dirección Local en Chihuahua. La porción sur de su territorio se encuentra sujeta a las disposiciones del “Decreto por el que se establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la Región Lagunera”. Publicado en el DOF el 17 de abril de 1965. Este decreto se clasifica como tipo III que sólo permite extracciones limitadas para usos doméstico, industrial, de riego y otros. En la porción central y norteno rige ningún decreto de veda.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua de 2011, tanto el municipio de Jiménez como de Camargo se clasifican como zona de disponibilidad 3.

El uso principal del agua subterránea es el pecuario. En el territorio que cubre el acuífero 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 zona que comprende el acuífero no se han realizado estudios hidrogeológicos de evaluación, sólo algunos con fines de prospección minera. En algunos acuíferos vecinos se han realizado estudios hidrogeológicos para determinar su recarga media anual. El único estudio que abarcó la superficie completa del acuífero es el que se describe a continuación:

**ESTUDIO PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS ACUÍFEROS: LAGUNA DE PALOMAS, LLANO DE GIGANTES, LAS PAMPAS, RANCHO EL ASTILLERO, LAGUNA DE JACO, RANCHO LA GLORIA, RANCHO DENTON, LAGUNA LOS ALAZANES, LAGUNA DEL REY, VALLE DEL PESO, FLORES MAGON-VILLA AHUMADA, EL SABINAL Y LOS JUNCOS, ESTADO DE CHIHUAHUA, realizado en el 2010 para la Comisión Nacional del Agua por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).** El objetivo general de este estudio fue el conocimiento de las condiciones geohidrológicas de los acuíferos 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, en algunos de ellos fue posible plantear el balance de aguas subterráneas.

Los resultados y conclusiones de este estudio fueron la base para la elaboración del presente documento, por lo que sus conclusiones y resultados se analizan en los apartados correspondientes.

## **3. FISIOGRAFÍA**

### **3.1 Provincia Fisiográfica**

De acuerdo con la clasificación fisiográfica de Erwin Raisz (1964), la superficie cubierta por el acuífero se encuentra en su totalidad en la Provincia Fisiográfica Sierras y Llanuras del Norte, Subprovincia Llanuras y Sierras Volcánicas. La provincia de Sierras y Llanuras del Norte es una provincia árida y semiárida que se extiende desde el suroeste de los Estados Unidos de América hasta cerca de Nazas en Durango y la Laguna de Mayrán en Coahuila. Se orienta más o menos noroeste-sureste y abarca parte de los estados de Durango, Sonora, Chihuahua y Coahuila.

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



La subprovincia Llanuras y Sierras Volcánicas en territorio mexicano comprende parte de los estados de Chihuahua y Coahuila; al norte se extiende hacia los Estados Unidos de América. Se localiza en la región orientalde la entidad, en forma de una franja orientada norte-sur, desde el noroeste de Manuel Ojinaga y el límite boreal con Coahuila, hasta la sierra Las Pampas y el oriente dela sierra El Diablo.

### **3.2 Clima**

De acuerdo con la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la mayor parte del acuífero domina el clima seco, subtipo seco semicálido y seco templado; de menor importancia se presenta el clima semiseco, subtipo semiseco templado.

La temperatura media anual que caracteriza al subclima seco semicálido es mayor de 18°C contemperatura media del mes más frío inferior a dicho valor, por lo que se considera como de invierno fresco; su régimen de lluvias es de verano, el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5 y la precipitación media anual varía entre 300 y 400 mm. Tales elementos climáticos, entre otras características del medio físico, han propiciado el crecimiento de pastizal natural, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo y mezquite. La posibilidad de que florezca la agricultura de temporal es muy baja dada la escasez de agua debido a que el periodo de lluvias se presenta de julio a septiembre.

El subtipo seco templado se caracteriza por su temperatura media anual entre 12 y 18 °C, con una precipitación media anual que varía entre 300 y 500 mm. El subclima semiseco templado se caracteriza por presentar temperaturas medias anuales entre 12 y 18°C, con precipitaciones medias anuales que varían entre 300 y 600 mm.

Para la determinación de las variables climatológicas se utilizó la información de dos estaciones climatológicas que tienen influencia en el área del acuífero: “Jiménez” y “Camargo” que cuentan un periodo de análisis de 1957 a 2008 y de 1957 a 2007, respectivamente. Con estos datos y utilizando el método de los Polígonos de Thiessen, se determinaron valores de precipitación y temperatura media anual de **349 mm y 18.5 °C** respectivamente. Con respecto a la evaporación potencial, se obtuvo un valor de **1821 mm anuales**, según datos de evaporímetro de la estación climatológica “Escalón”, con periodo de análisis de 1996 a 2006.

### **3.3 Hidrografía**

El área cubierta por el acuífero se encuentra ubicada dentro de la Región Hidrológica RH-35 “Mapimí”, cuenca El Llano-Laguna del Milagro. Esta región hidrológica comprende el 10.6% de la porción este-sureste del estado de Chihuahua, en cuyo territorio de cuatro de las seis cuencas existentes en la región.

La cuenca El Llano-Laguna Del Milagro se ubica en la región este del estado, abarcando el 4.0% de su territorio. Al norte limita con la cuenca Río Conchos-Ojinaga(J); al noroeste y oeste con la cuenca Río Conchos-Presa El Granero (K); al suroeste con la cuenca Río Florido (M), todas ellas pertenecientes a la RH-24; al noreste con la cuenca Polvorillos-Arroyo El Marqués (D); al este con la cuenca Laguna del Guaje-Lipanés (C); al sureste se interna al estado de Coahuila y al sur limita con la cuenca Arroyo La India-Laguna Palomas (F).

Las corrientes que conforman esta cuenca son de tipo intermitente y se caracterizan por ser de corta duración y recorrido, algunas de las cuales descargan en una serie de lagunas distribuidas en toda la cuenca. Los escurrimientos forman una red de avenamiento o drenaje de tipo radial centrípeto, subparalelo, dendrítico desintegrado y anastomosado.

No existen estaciones hidrométricas para la estimación del volumen de escurrimiento, ni infraestructura para el almacenamiento de las escasas corrientes superficiales.

### **3.4 Geomorfología**

La mayor parte del territorio conforma bajadas o extensas llanuras aluviales (cuencas endorréicas), conocidas en el norte del país como bolsones, que en ocasiones constituyen lagunas, delimitadas por sierras orientadas en sentido norte-sur y noroeste-sureste. Entre estas sierras destacan las denominadas con el nombre de Las Pampas, El Jabalí, El Virulento, Tres Cerros. Las mesetas y los valles son los sistemas de topografía menos representativos de la subprovincia.

Fuerzas distensivas originaron cuencas tectónicas que posteriormente fueron rellenadas, creando los bolsones que caracterizan a toda esta porción del norte del país, en uno de los cuales está alojado el acuífero Las Pampas.

El proceso de disección causado por las corrientes fluviales originó la conformación de llanuras y valles aluviales. En general y de acuerdo a su génesis, las corrientes del área son consecuentes radiales centrífugas, como las desarrolladas en las unidades volcánicas; consecuentes deformativas las que drenan hacia los bordes de las sierras plegadas; aquellas que drenan en las estructuras sinclinales son las consecuentes longitudinales; por último, las corrientes resecuentes son las que fluyen en la porción oriental de la Sierra San Francisco.

## **4. GEOLOGÍA**

En el Mesozoico existía una serie de elementos paleo-geográficos y actividad tectónica, que se desarrollaron desde el Triásico, cuya conjugación dio origen a la formación de dos facies de sedimentación identificadas para el Cretácico Inferior (Pacheco C., Castro R., y Gómez Miguel, 1984).

La primera de ellas de edad Hauteriviano-Turoniano, según Juan Araujo y Rodolfo Arenas (1986), se depositó al occidente del Mar Mexicano o Geosinclinal Mexicano en facies de cuenca y con aportes de sedimentos terrígenos de probable origen de arco volcánico, representada por calizas, lutitas y areniscas.

Al oriente prevalecían condiciones de facies litorales y de mares someros debido a la presencia de elementos positivos como la Isla del Cuervo e Isla de Coahuila, las que fueron transgredidas hasta el Albiano para después predominar facies de plataforma de mar abierto con desarrollo de bancos arrecifales y condiciones lagunares en la Plataforma de Coahuila. Para el Cretácico Superior (Cenomaniano-Turoniano), las condiciones de depósito varían a causa del levantamiento de la parte occidental y central (López Ramos, 1981) y dan lugar a la sedimentación marina con predominio de terrígenos en facies de mar abierto, iniciándose con la depositación de sedimentos cálcareo-arcillosos.

La fase orogénica proveniente del occidente, continúa a principios del Cenozoico acompañada con la intrusión de granito, granodiorita, gabro y diorita (S.P.P. 1984), que intrusionaron las calizas de plataforma.

Se identifican secuencias vulcano-sedimentarias que infrayacen a las rocas denominadas por Mc Dowell y Clabaugh (1979) como “Complejo Volcánico Superior”. La segunda fase volcánica la representan tobas de composición riódacítica y riolítica con intercalación de vulcanoclásticos, así como riolitas del Oligoceno-Mioceno que en ocasiones extruyeron a través de fracturas; estas unidades sobreyacen en discordancia a las rocas del “Complejo Volcánico Inferior” (Mc Dowell y Clabaugh, 1979). Andesitas post-miocénicas sobreyacen concordantemente a las unidades ácidas e infrayacen a los basaltos que son representativos de las últimas manifestaciones volcánicas. De acuerdo con las observaciones de campo, esta unidad sobreyace también discordantemente a rocas ígneas, así como a unidades cretácicas e infrayace a rocas y sedimentos del Plio-Cuaternario.

Contemporánea y/o posteriormente a las manifestaciones volcánicas que dieron origen a la Sierra Madre Occidental, ocurrió la depositación de sedimentos clásticos en facies continentales, representados por areniscas y conglomerados, que rellenan antiguas cuencas continentales. Estas rocas sobreyacen en forma discordante a las rocas del Cretácico e infrayacen a rocas extrusivas volcánicas de tipo ácido e intermedio y a depósitos del Terciario Superior. Estas condiciones iniciales de relleno de cuenca, representadas por areniscas y conglomerados, posteriormente fueron de tipo lacustre, evidenciados por la depositación de calizas continentales, limolitas y lutitas. Esta secuencia es discordante con las unidades cretácicas.

Para el Cuaternario se depositó material clástico no consolidado y ocurrió el desarrollo de planicies aluviales que rellenaron los bolsones; también se depositaron travertino, caliche, sedimentos lacustres y localmente suelos eólicos.

#### **4.1 Estratigrafía**

La geología regional de la zona está representada por rocas sedimentarias marinas y continentales, así como rocas volcánicas, cuyo registro estratigráfico comprende edades que varían del Cretácico Inferior (Mesozoico) al Reciente. La distribución de las diferentes unidades litológica se presenta en la figura 2. La columna estratigráfica presente en la zona se describe a continuación, de la unidad más antigua a la más reciente.

##### **Cretácico Inferior**

###### **Formación Aurora**

El nombre formacional fue propuesto por Burrows (1910) para referirse aquellas rocas que afloran en la porción noreste del estado de Chihuahua, que están constituidas por capas gruesas de calizas fosilíferas, con abundantes nódulos de pedernal así como líneas y superficies estilolíticas, con escasos nódulos de pedernal y hematita hacia la cima.

Aflora en la porción suroccidental del acuífero, conformado la Sierra Las Pampas; está formada por calizas de plataforma de mar abierto, con desarrollo lagunar y arrecifal, de textura mudstone a wackestone, con variaciones locales a packstone, dispuestas en estratos de 20 a 40 cm de espesor, que intercalaciones de limolitas arenosas y abundantes fósiles. Presenta un color beige claro en muestra fresca, y gris oscuro y gris claro al intemperismo. Presenta estilolitas paralelas y perpendiculares a la estratificación, bandas y nódulos de pedernal de tonos negro y café, huellas de disolución y horizontes petro-cálcicos con oolitas; ocasionalmente se observan estratos recristalizados, dolomitizados y marmorizados.

La unidad subyace en contacto transicional y concordante a lutitas y areniscas del Cretácico Superior y en otras localidades su contacto es tectónico, tanto con estas rocas como con calizas y lutitas del Cretácico Superior. Subyace discordantemente a tobas ácidas del Oligoceno-Mioceno y al conglomerado del Terciario Superior. De acuerdo con el contenido faunístico (gasterópodos, rudistas y pelecípodos), se le asigna una edad Albiano Superior-Cenomaniano. Su expresión morfológica es de sierra alta con pendientes abruptas y sierras aisladas.

###### **Formación Kiamichi**

Esta unidad tiene una amplia distribución en todo el Noreste de México, aunque se le ha cartografiado con otros nombres tales como, Benevides, Sue Peaks o Sombrerito. La litología predominante de este complejo en el área consiste en una intercalación de lutitas calcáreas de color gris oscuro,

calizas mudstone y wackestone, dispuestas en estratos delgados y medios, con abundante fauna fosilífera (amonitas, equinodermos, pelecípodos y gasterópodos) y concreciones de marcasita y fierro. Los sedimentos de esta formación pertenecen a un ambiente de depósito marino de aguas profundas. Por estudios micropaleontológicos y posición estratigráfica, se le asigna edad Albiano Medio – Superior.

### **Formación Georgetown (Formación Loma de Plata)**

Está conformada por calcarenitas de colores gris claro y oscuros, con nódulos de pedernal y dispuestos en estratos delgados, medios y gruesos. Presenta restos fósiles de globigerínidos, equinodermos y clastos biógenos. Se le asigna una edad correspondiente al Albiano Tardío.

## **Cretácico Superior**

### **Formación del Río**

Fue originalmente descrita por Hill y Vaughan (1898). Su localidad tipo se encuentra en la Ciudad de Del Río, Texas. Consiste principalmente de lutitas gris oscuro a negro que intemperizan a colores rojizos, verdosos, violáceos y café amarillentos. Presenta algunas intercalaciones delgadas de arenisca calcárea de grano fino, con estratificación cruzada. Hacia su base y cima, presenta intercalaciones de calizas y calcarenitas de color gris. Contiene foraminíferos, tintínidos, huellas de amonitas, equinodermos, pelecípodos y concreciones de marcasita. La edad de esta unidad corresponde al Cenomaniano Temprano. La Formación Del Río es una unidad importante del Noreste de México y sur de Texas, debido a su amplia distribución, estabilidad litológica y posición estratigráfica. Su presencia marca el límite Albiano-Cenomaniano. Se considera que esta unidad se depositó en una plataforma abierta durante una etapa regional transgresiva. Debido a su carácter arcilloso, generalmente está cubierta con aluvión. Presenta espesor que varía de algunos metros hasta 200 m.

**Formación Buda.** Fue descrita por Hill (1900) en Shoal Creek, Austin Texas. Consiste en general de calizas de textura calcarenita color gris claro, de estratificación delgada a media, con capas delgadas intercaladas de lutita de color gris claro. Presenta foraminíferos plantónicos, huellas de amonitas y bioclastos. En menor proporción contiene minerales ferruginosos y nódulos de pedernal. La edad de esta unidad ha sido determinada con base en varias especies de *Budaiceras sp.* y *mariella sp.*, entre otras, las que le asignan una edad Cenomaniano Temprano. De acuerdo a su litología y contenido faunístico, se considera que esta unidad se depositó en una plataforma abierta relativamente profunda y de baja energía. Por su parte la presencia de sulfuros de fierro y nódulos de pedernal indican condiciones reductoras.

### **Formación Ojinaga**

Consiste de calizas arcillosas de estratificación delgada, con bioclastos, globigerínidos, radiolarios e *inoceramus labiatus*, intercaladas con lutitas calcáreo-carbonosas, fósiles a laminares, de color gris

oscuro a pardo. Por su posición estratigráfica y su contenido fósil, se le asigna una edad correspondiente al Turoniano. Su ambiente de depósito ocurrió en facies de prodelta, con influencia de mar abierto, representando el inicio de una secuencia tipo flysh.

### **Formación Parras**

Definida por Imlay en 1936 para referirse a una secuencia de 1200 m de lutitas carbonosas negras con escasas intercalaciones de areniscas. Está constituida por una litología muy homogénea de lutitas calcáreas y calizas arcillosas, estas últimas intercaladas en forma esporádica dentro de la secuencia arcillo-calcárea. Las lutitas son calcáreas de color negro a gris oscuro, estratificadas en capas delgadas y medianas. Al intemperismo ofrecen un aspecto masivo debido a que la fractura astillosa o esquistosidad tipo lápiz, destruye los planos de estratificación. Se considera que la potencia de la secuencia arcillo-calcárea varía de 400 a 800 m y cubre de manera concordante y transicional a la Formación Indidura, por lo que es difícil precisar la zona de contacto entre ambas unidades. Su contacto superior, dentro de los límites del acuífero, es con los sedimentos continentales del Reciente por medio de discordancia angular.

Esta formación junto con el Grupo Difunta, corresponden a los sedimentos terrígenos característicos de la Cuenca de Parras. Tiene una edad Santoniano-Coniaciano y se correlaciona con la Formación San Felipe de la Sierra Madre Oriental y de la Cuenca de Sabinas.

### **Paleógeno (Paleoceno-Eoceno)**

#### **Supergrupo Volcánico Inferior**

Es considerada de manera informal en el área de Tayoltita por Henshaw (1953), Randall y compañía Minas de San Luis (1975), posteriormente es estudiada sobre la carretera a Mezquital, Dgo. (Keizer, 1974) y sobre la carretera a Mazatlán por McDowell y Clabaugh (1976); los primeros autores la mencionan constituida por riolitas, toba andesítica y andesitas con un espesor de 800 m. La litología está constituida por andesitas y brechas andesíticas; megascópicamente las andesitas presentan una textura afanítica de color gris, gris claro, verde oscuro y rojiza; las brechas andesíticas están conformadas por fragmentos angulosos de andesitas y riolitas de pequeñas dimensiones de color variable con tonalidades de púrpura al gris claro. Generalmente esta secuencia tiene la característica especial de presentarse en forma pseudoestratos de 50 cm a 1.5 m y se encuentra aflorando en forma de ventanas estructurales debido a la tectónica y a la erosión.

### **Paleógeno (Oligoceno-Mioceno)**

#### **Supergrupo Volcánico Superior**

Una extensa secuencia de ignimbritas intercaladas con flujos de lavas y sedimentos epiclásticos tobáceos sobreyacen el Complejo Volcánico Inferior y forman la capa superior de la Sierra Madre Occidental. Esta gran acumulación de rocas volcánicas ha sido designada como el “Supergrupo Volcánico Superior” (McDowell y Keize, 1977) o “Complejo Volcánico Superior” (Mc Dowell y

Clabaugh, 1976). Es correlacionable con depósitos piroclásticos de flujo de cenizas y rocas asociadas de edad similar que cubren áreas amplias del occidente de los Estados Unidos. En el occidente de México tanto el Complejo Volcánico Inferior como el Complejo Volcánico Superior ocupan áreas similares y se pueden identificar a través de la mayor parte de la Sierra Madre Occidental, aproximadamente paralelos a la margen occidental del continente.

En el área cubierta por el acuífero, está representada por diversas rocas de composición ácida: tobas riolíticas, riolitas, ignimbritas y tobas ácidas; ocasionalmente con intercalaciones de horizontes vulcanoclásticos, cuyos fragmentos varían de 5 a 10 mm de diámetro, sub angulosos, unidos por una matriz tobácea y cementante silíceo, en ocasiones los fragmentos son de riolita y vidrio volcánico.

Las rocas presentan fracturamiento vertical y subvertical, formando bloques de dimensiones variables. Sobreyace discordantemente a las calizas cretácicas y a las unidades del Complejo Volcánico Inferior e infrayace a basaltos, andesitas y conglomerados del Neógeno Superior.

Su expresión morfológica está representada por mesetas disectadas, mesetas basculadas, sierras y lomeríos de pendiente suave. Aflora en la región suroriental del acuífero y en un área pequeña ubicada al sur de la Laguna de los Clavos, subyaciendo a los basaltos del Terciario.

### **Neógeno**

Corresponde a conglomerados, poco cementados, producto del transporte y sedimentación de detritos erosionados en las partes altas y generalmente depositados en los pies de monte de las sierras. Está representado por un conglomerado polimíctico continental, constituido principalmente por fragmentos de calizas y en menor proporción de rocas ígneas, mal clasificados, de 5 a 50 cm de diámetro; su grado de redondez varía de subangulosos a subredondeados dispuestos en forma caótica, unidos por una matriz arcillosa de color café y cementante calcáreo. Ocasionalmente presenta fracturas rellenas de calcita y en discordancia angular con conglomerados cuaternarios.

La unidad presenta diferentes tonos de coloración entre los que sobresalen el gris con tonos de beige o rojizos. Sobreyace a rocas sedimentarias cretácicas y a rocas volcánicas del Oligoceno-Mioceno; está cubierto en discordancia por basaltos del Neógeno Superior. Por sus relaciones estratigráficas, se le considera de edad Neógeno Superior. La unidad se encuentra rellenando fosas tectónicas, con expresión morfológica de lomas de pendiente suave medianamente disectadas.

### **Basaltos**

Generalmente forma derrames de gran magnitud, emitidos por extrusión fisural o de un cono central. La roca es masiva con vesículas rellenas de calcita y acusa disyunción columnar prismática, así como intercalación de horizontes de escorias y cenizas volcánicas. Al intemperismo desarrolla formas esferoidales. Sobreyace discordantemente a calizas del Cretácico Inferior y a rocas volcánicas del

Oligoceno-Mioceno. Su morfología está representada por conos volcánicos, derrames con fase de malpaís y mesetas. Sus afloramientos se localizan en una amplia zona ubicada en la región oriental del acuífero.

### **Andesitas**

Rocas volcánicas efusivas de estructura masiva, ocasionalmente fluidal y con amígdalas alargadas rellenas de calcita. Sus afloramientos presentan fracturamiento en varias direcciones, formando bloques. Sobreyace a las unidades ígneas del Oligoceno-Mioceno e infrayace en discordancia al conglomerado del Neógeno Superior. Morfológicamente forma cerros aislados y también aflora en los escarpes de las sierras.

Las unidades intrusivas son de poca extensión y se emplazaron en el Eoceno Medio y el Oligoceno Inferior; su composición varía de granito a gabro. Son de importancia desde el punto de vista metalogénico porque controlan la génesis de la mayoría de los yacimientos minerales.

### **Cuaternario**

#### **Conglomerado**

Depósitos conglomeráticos polimícticos depositados en facies continentales derivados principalmente de rocas ígneas y en menor proporción rocas sedimentarias, los clastos varían en tamaño desde arenas hasta guijarros y bloques (algunos mm hasta 60 cm de la base a la cima), embebidos en una matriz arenosa-arcillosa de color rojizo, con escaso cementante calcáreo. El grado de redondez de los fragmentos varía de anguloso y subanguloso mostrando escaso retrabajo.

Presenta color gris claro que intemperiza a color café; poco compactados, generalmente deleznable. Sobreyacen discordantemente a rocas sedimentarias cretácicas, a la secuencia volcánica del Oligoceno-Mioceno, así como a rocas basálticas y conglomerados del Neógeno Superior. Por posición estratigráfica, se le asigna una edad correspondiente al Cuaternario. Su morfología es de lomas de pendiente suave y ligeras ondulaciones situadas en las planicies.

#### **Depósitos eólicos**

Unidad constituida por sedimentos eólicos recientes depositados por la acción del viento, que forman dunas. Sus fragmentos son arenas bien redondeadas y clasificadas, constituidos por cuarzo, feldspatos y fragmentos de rocas; presentan estratificación cruzada.

#### **Depósitos lacustres**

Secuencia alternante de estratos de 5 a 10 cm de espesor de arenas de grano fino, limo y arcilla, se localizan en las depresiones que dan origen a las zonas de inundación de las lagunas. Presentan una cubierta de sales que forman costras.



## Aluvi3n

Dep3sitos de origen fluvial derivados de la erosi3n y denudaci3n de las rocas pre-existentes, que rellenan las extensas planicies y fosas tect3nicas. Consisten de aluviones depositados en piedemontes y en planicies de inundaci3n. Los primeros son principalmente conglomerados y arenas y en las planicies de inundaci3n est3n representados por limos, arcillas. Su permeabilidad es alta y su espesor es variable. Las extensas planicies sobre las cuales se depositaron en ocasiones est3n disectadas arroyos que desembocan en lagunas endorreicas.

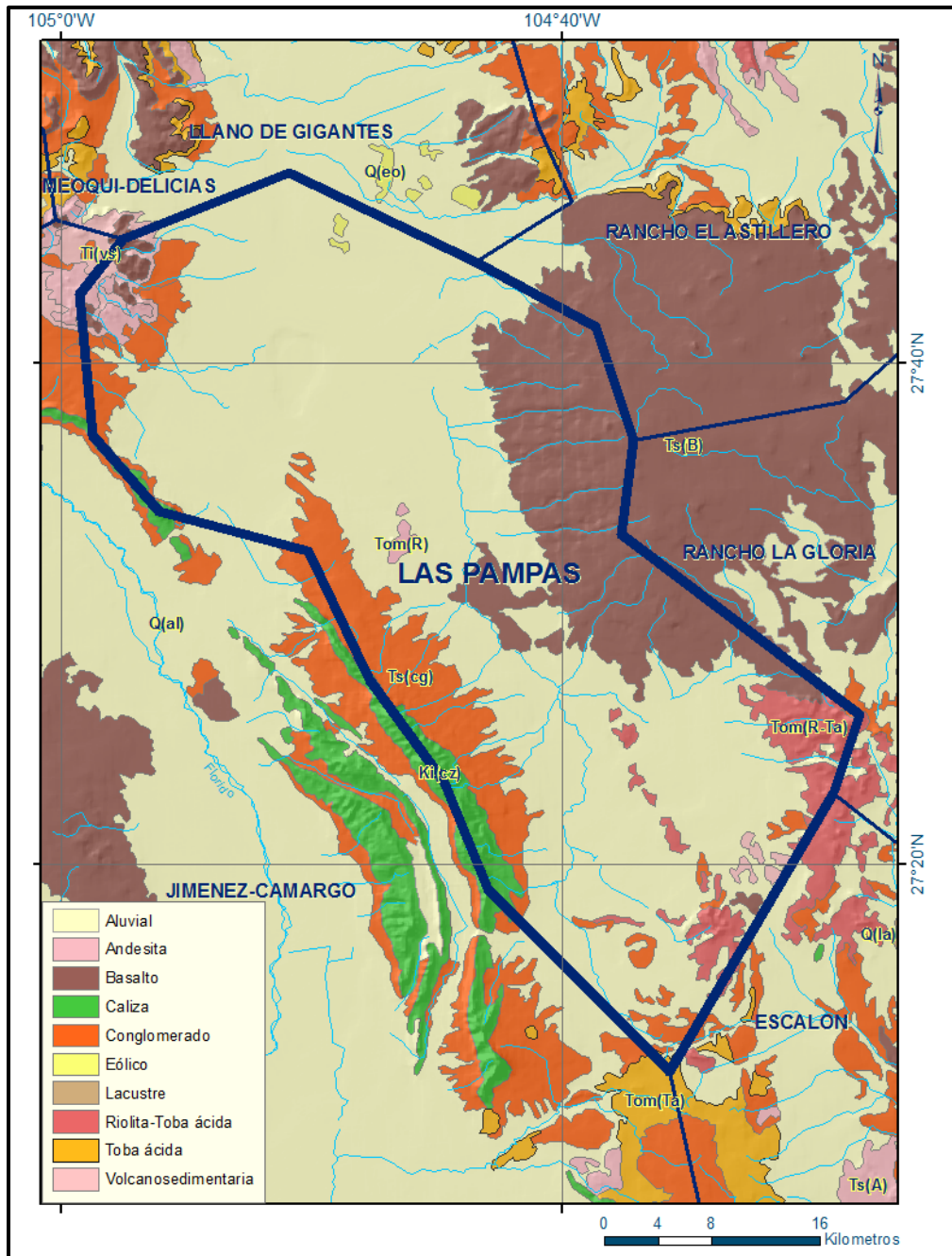


Figura 2. Geol3gia general del acuífero

## **4.2 Geología estructural**

Estructuras de origen ígneo extrusivo se encuentran diseminadas en el área y están representadas por derrames lávicos, conos y mesetas. Las de origen intrusivo están presentes en forma de diques y lacolitos, estos últimos deformaron a las rocas sedimentarias en forma cómica.

Los esfuerzos compresivos están representados por pliegues abiertos; también se observan fallas normales de dirección NW-SE, así como fracturas las cuales sirvieron de conducto para la extrusión de las tobas ácidas y fisuras que generalmente se encuentran rellenas de calcita.

Se reportan tres fases de deformación: una fase compresiva del Cretácico Superior-Terciario Inferior que plegó las secuencias sedimentarias, un posterior emplazamiento de cuerpos intrusivos, que modificaron localmente las estructuras existentes hacia formas cómicas. Finalmente, una fase de ajuste isostático, que dio origen a pliegues de fondo y fracturas de orientación NNE-SSW, durante el Mioceno Superior (M. Tardy, 1977; D.A. Córdoba, 1980) que se observa en rocas ígneas, sedimentarias y vulcanosedimentarias continentales del Terciario (Eoceno Mioceno Inferior). Una fase distensiva ocurrida durante el Plioceno, está representada por fallas de extensión, que formaron la Provincia de Sierras y Cuencas.

## **4.3 Geología del subsuelo**

De acuerdo con la información geológica y geofísica recabada en el acuífero tanto en este acuífero como en los vecinos, es posible definir que el acuífero se encuentra alojado, en su porción superior, en los sedimentos aluviales de granulometría variable y conglomerados, de permeabilidad media a baja, que constituyen las extensas planicies y los piedemonte. Hacia la parte baja del acuífero, donde se localizan las lagunas El Llano, De los Clavos, El Milagro y el Remolino, predominan sedimentos predominan los depósitos lacustres y eólicos intercalados con depósitos evaporíticos. La porción inferior está alojada en rocas volcánicas: basaltos, tobas y riolitas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento. Las calizas de las formaciones Ojinaga, Buda y Aurora (Tamaulipas Superior), constituyen horizontes acuíferos profundos que no han sido explorados en la zona.

Las fronteras al flujo subterráneo y el basamento geohidrológico del acuífero están representados por las mismas rocas volcánicas, al desaparecer el fracturamiento. A mayor profundidad las barreras al flujo subterráneo y el basamento están representadas por las lutitas que constituyen las formaciones Parras, y que forman parte de las secuencias de las formaciones Del Río y Kiamichi, estas últimas se presentan intercaladas con calizas. Dichos materiales han permitido la acumulación de agua en el subsuelo, formando un acuífero que se recarga por la infiltración del agua de lluvia desde las sierras constituidas por rocas calizas, basaltos y riolitas, principalmente, y que se almacena en el subsuelo.

Salvo los escasos pozos y norias, no se conoce otro tipo de salida o descarga de agua del acuífero. En general se caracteriza por presentar alto contenido salino, lo que restringe su utilización.

## **5. HIDROGEOLOGÍA**

### **5.1 Tipo de acuífero**

El subsuelo del valle se encuentra constituido por arcillas, gravas y arenas de permeabilidad variable, generalmente baja, que permiten la formación de un acuífero con nivel de saturación profundo que se recarga por infiltración del agua que se precipita principalmente en las sierras limítrofes constituidas por calizas rocas volcánica, y en menor proporción sobre el valle. El agua subterránea es escasa y en general presenta alta salinidad, debido a la escasa precipitación pluvial y la elevada evaporación en las partes bajas de los valles.

Las evidencias geológicas e hidrogeológicas permiten definir la presencia de un acuífero **tipo libre**, heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido vertical como horizontal, constituido en su porción superior, por sedimentos aluviales de granulometría variada y conglomerados, producto de la erosión de las rocas que constituyen las sierras que delimitan las planicies, cuyo espesor puede alcanzar varias decenas de metros en el centro de los valles. Debido a la existencia de sedimentos arcillosos en la parte más baja donde se ubican las lagunas El Llano, De Los Clavos, El Milagro y El Remolino, se presentan condiciones locales de semiconfinamiento. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas volcánicas entre las que destacan basaltos, tobas y riolitas, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento. Las calizas de las formaciones Ojinaga, Buda y Aurora, constituyen horizontes acuíferos profundos que no han sido explorados en la zona, que pueden presentar condiciones de semiconfinamiento debido a que se encuentran sobreyacidas por lutitas.

### **5.2 Parámetros hidráulicos**

En el territorio que cubre el acuífero no se han realizado pruebas de bombeo para la determinación de las propiedades hidráulicas del acuífero. En algunos pozos registrados durante el censo es posible realizar estas pruebas, pero no se pudieron llevar a cabo porque no se pudo localizar a los propietarios.

### **5.3 Piezometría**

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea, únicamente se cuenta con la información recabada durante el estudio realizado en el año 2010. Sólo fue posible obtener los

valores de profundidad al nivel estático en un número escaso de aprovechamientos (8) dispersos en el acuífero.

#### **5.4 Comportamiento hidráulico**

No se cuenta con información piezométrica histórica que permita elaborar las configuraciones de profundidad, elevación y evolución del nivel estático. Las escasas mediciones piezométricas recabadas durante los recorridos de campo se encuentran dispersas en el espacio y no cubren en su totalidad la extensión superficial del acuífero. Debido al escaso número de aprovechamientos existentes en el área que cubre el acuífero y al incipiente volumen de extracción, se puede afirmar que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo.

#### **5.5 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea**

Debido al escaso número de aprovechamientos, a las dificultades de acceso a ellos y al incipiente volumen de extracción del acuífero, a la fecha no se ha realizado muestreo de aguas subterráneas para su análisis correspondiente.

Durante el recorrido de campo realizado en el 2010, solo fue posible obtener en campo algunos parámetros físico-químicos del agua de un pozo: pH = 8.14, SDT = 770 ppm, C.E. = 1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y T = 20.3°C.

### **6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA**

De acuerdo con la información del censo de aprovechamientos realizado como parte del estudio llevado a cabo en el 2010, se registró la existencia de 24 aprovechamientos, de los cuales 23 son pozos y sólo una noria. Del total de obras, 21 se encuentran activas y 3 inactivas por abandono.

El volumen de extracción total calculado es de **0.1 hm<sup>3</sup>** anuales, destinados en su totalidad al uso Pecuario.

### **7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRANEAS**

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 del acuífero:

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

## 7.1. Entradas

Las entradas al acuífero Las Pampas están integradas básicamente por la recarga natural que se produce por la infiltración de la lluvia ( $R_v$ ).

No existe información piezométrica actual ni histórica en la superficie que cubre el acuífero. La escasa información disponible, procedente de recorridos de campo, es puntual e inconsistente de tal manera que no es posible extrapolarla para elaborar configuraciones del nivel estático que permitan el planteamiento de un balance de aguas subterráneas. Aunado a esto, existen pocos aprovechamientos del agua subterránea y se presentaron diferentes problemas para la medición de sus niveles.

Por todas estas razones, se optó por plantear el balance hidrometeorológico en la superficie de 1527 km<sup>2</sup> del acuífero, para estimar de manera conservadora el volumen de agua susceptible de infiltrarse para recargar al acuífero.

### 7.1.1. Recarga vertical

La recarga vertical total que recibe el acuífero (volumen susceptible de infiltrarse) se obtuvo mediante el planteamiento de un balance hidrometeorológico para toda la superficie del acuífero, mediante la siguiente expresión:

$$V_{LL} = V_{ETR} + V_{ESC} + V_{INF} \quad (1)$$

$V_{LL}$  = Volumen de lluvia;

$V_{ETR}$  = Volumen evapotranspirado;

$V_{ESC}$  = Volumen escurrido;

$V_{INF}$  = Volumen infiltrado;

Por lo tanto despejando el volumen infiltrado, se obtiene lo siguiente:

$$V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC} \quad (2)$$

El volumen de lluvia que se precipita en la superficie cubierta por el acuífero se obtiene al multiplicar su área 1527 km<sup>2</sup> por la lámina de precipitación media anual (349 mm):

$$V_{LL} = 1527 \text{ km}^2 (0.349 \text{ m}) = \mathbf{532.9 \text{ hm}^3 \text{ anuales}}$$

Para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó la ecuación empíricas de Coutagne, considerando los valores promedio anual de precipitación de 349 mm y temperatura de 18.5° C. Coutagne propuso la ecuación siguiente para calcular la evapotranspiración real:

<p><b>COUTAGNE</b>                      <math>ETR = P - \chi P^2</math></p> <p>Donde:                  ETR= Evapotranspiración m/año                  P = precipitación en m/año  <math>\chi = 1/(0.8 + 0.14 t)</math>                  t = temperatura en °C</p>
---

La fórmula solo es aplicable para valores de la precipitación media anual (P) comprendidos entre 1/8X y 1/2X, estando ETR y P en metros, y T en °C. Si P es menor que 1/8λ la ETR es igual a la precipitación, es decir, no existe escurrimiento; si la precipitación es mayor que 1/2λ la ETR es prácticamente independiente de P y su valor está dado por  $ETR = 0.20 + 0.035 T$ .

Aplicando la fórmula de Coutagne se obtiene una lámina de evapotranspiración real de 313.1 mm anuales.

Si consideramos el valor de la ETR obtenida (313.1 mm anuales), el volumen de la ETR es:

$$V_{ETR} = 1527 \text{ km}^2 (0.3131 \text{ m}) = \mathbf{478.1 \text{ hm}^3 \text{ anuales}}$$

Para determinar el volumen de escurrimiento debido a la lluvia se utilizó el método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, publicada en el Diario Oficial de la Federación, de fecha 17 de abril de 2002, en la que se señala que para los casos en los que no se cuente con suficiente información para determinar el volumen anual de escurrimiento natural, se puede aplicar el método indirecto denominado precipitación-escurrimiento. El volumen anual medio de escurrimiento natural es igual a la precipitación media anual por el área y por un coeficiente de escurrimiento.

Para determinar el valor de escurrimiento, la norma establece la siguiente relación:

$$\text{VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL DE LA CUENCA} = \text{PRECIPITACION ANUAL DE LA CUENCA} * \text{AREA DE LA CUENCA} * \text{COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO}$$

El coeficiente de escurrimiento ( $C_e$ ) se puede determinar, según la norma antes citada, en función del parámetro  $K$  que depende del tipo y uso de suelo, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS).

Con apoyo de cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y de visitas de campo, se clasifican los suelos de la cuenca, de acuerdo con los tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la tabla 2 y se determina el uso actual del suelo.

Tabla 2. Valores de  $k$  en función del tipo y uso del suelo (NOM-011-CONAGUA-2000)

USO DE SUELO	TIPO DE SUELO	TIPO DE SUELO	TIPO DE SUELO
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera:	0.24	0.27	0.3
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% -poco-	0.14	0.2	0.28
Del 50 al 75% -regular-	0.2	0.24	0.3
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3
TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS		
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loes poco compactos		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad; loes algo más compactos que los correspondientes a los suelos Tipo A; terrenos migajosos		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loes muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas		

En el caso de que en la cuenca, existan diferentes tipos y usos de suelo, el valor de K se calcula como la resultante de subdividir la cuenca en zonas homogéneas para obtener el promedio ponderado.

Dependiendo del valor obtenido para K, el coeficiente de escurrimiento (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes, en la que P es la precipitación media anual expresada en mm:

$$\begin{aligned} \text{Si K resulta menor o igual que 0.15,} & \quad \text{Ce} = K (P-250) / 2000; \\ \text{Si K es mayor que 0.15,} & \quad \text{Ce} = K (P-250) / 2000 + (K - 0.15) / 1.5; \end{aligned}$$

Donde:

**P**= Precipitación anual;

**Ce** = Coeficiente de escurrimiento anual;

**K** = Parámetro que depende del tipo, uso y cubierta del suelo;

De acuerdo con la cartografía del CONABIO escala 1:1,000,000 para el tipo y uso de suelo, predominan los tipos Regosol y Yermosol (figura 3). En cuanto al uso de suelo (figura 4) de acuerdo con la cartografía de INEGI escala 1:1,000,000, un 67 % de la superficie del acuífero está cubierta por matorral (pradera), en los que el suelo es tipo B, por lo que K=0.24 y un 33% del acuífero está cubierto por pastizal, suelo tipo B, cubierta menos del 50%, por lo que K=0.28.

$$\mathbf{K_{ponderado} = 0.24 (0.67) + 0.28 (0.33) = 0.25}$$

De esta manera, el valor de K es igual a **0.25**, valor que se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce):

$$\begin{aligned} \text{Ce} &= K (P-250)/2000 + (K-0.15)/1.5 = 0.07 \\ \text{Ce} &= 0.079 \end{aligned}$$

Aplicando este coeficiente de escurrimiento al valor de la lluvia se obtiene el volumen del escurrimiento:

$$\mathbf{V_{esc} = 0.079 (532.9 \text{ hm}^3) = 42.1 \text{ hm}^3 \text{ anuales}}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (2), se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \mathbf{V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC}} & \quad (2) \\ V_{INF} &= 532.9 - 478.1 - 42.1 \\ \mathbf{V_{INF} = 12.7 \text{ hm}^3/\text{año}} \end{aligned}$$



Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de  $1267.6 \text{ hm}^3/\text{año}$ , se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.024.

De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es de  $12.7 \text{ hm}^3/\text{año}$  en los  $1527 \text{ km}^2$  de superficie del acuífero.

Por lo que la  **$R_v = 12.7 \text{ hm}^3/\text{año}$** .

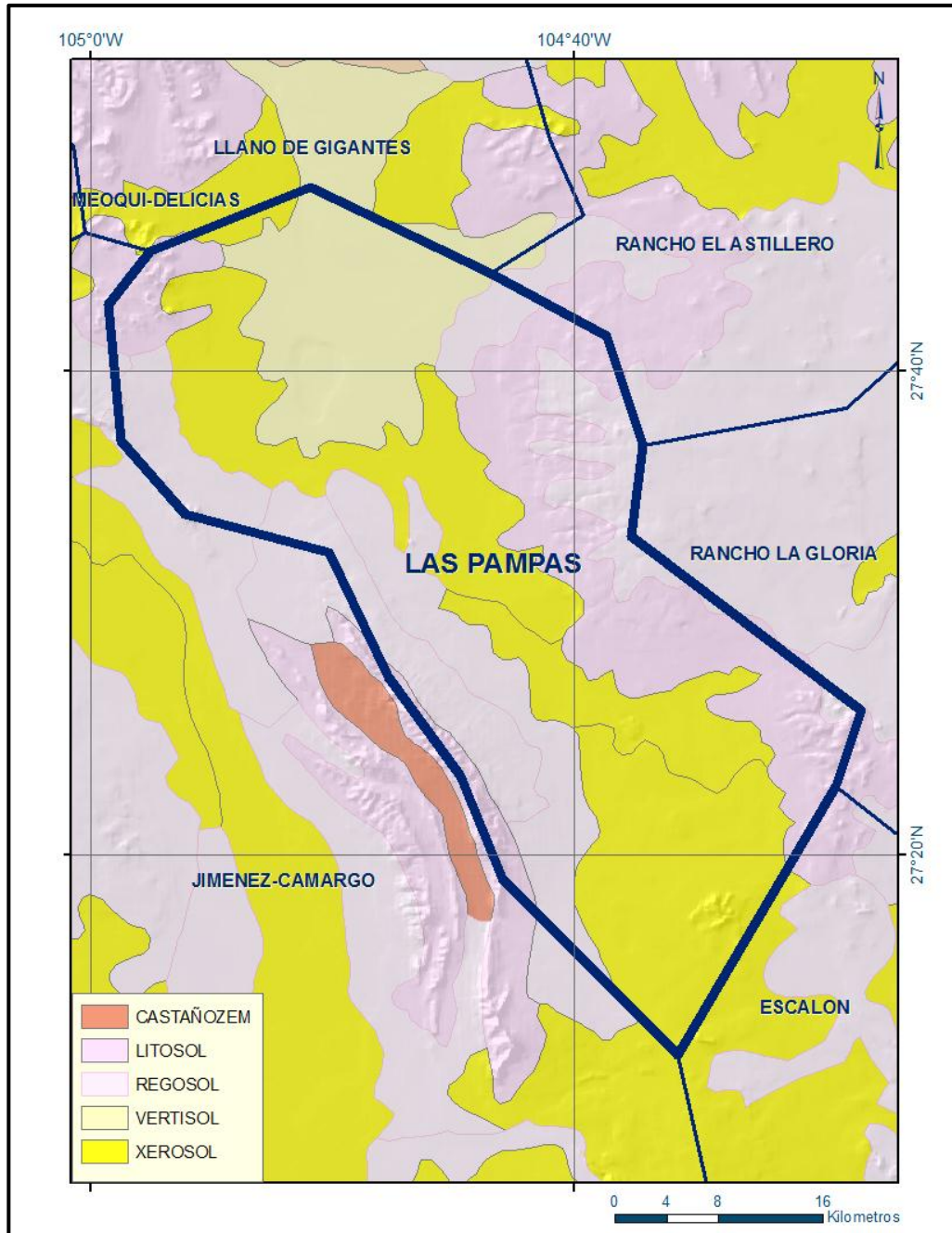


Figura 3. Tipo de suelo

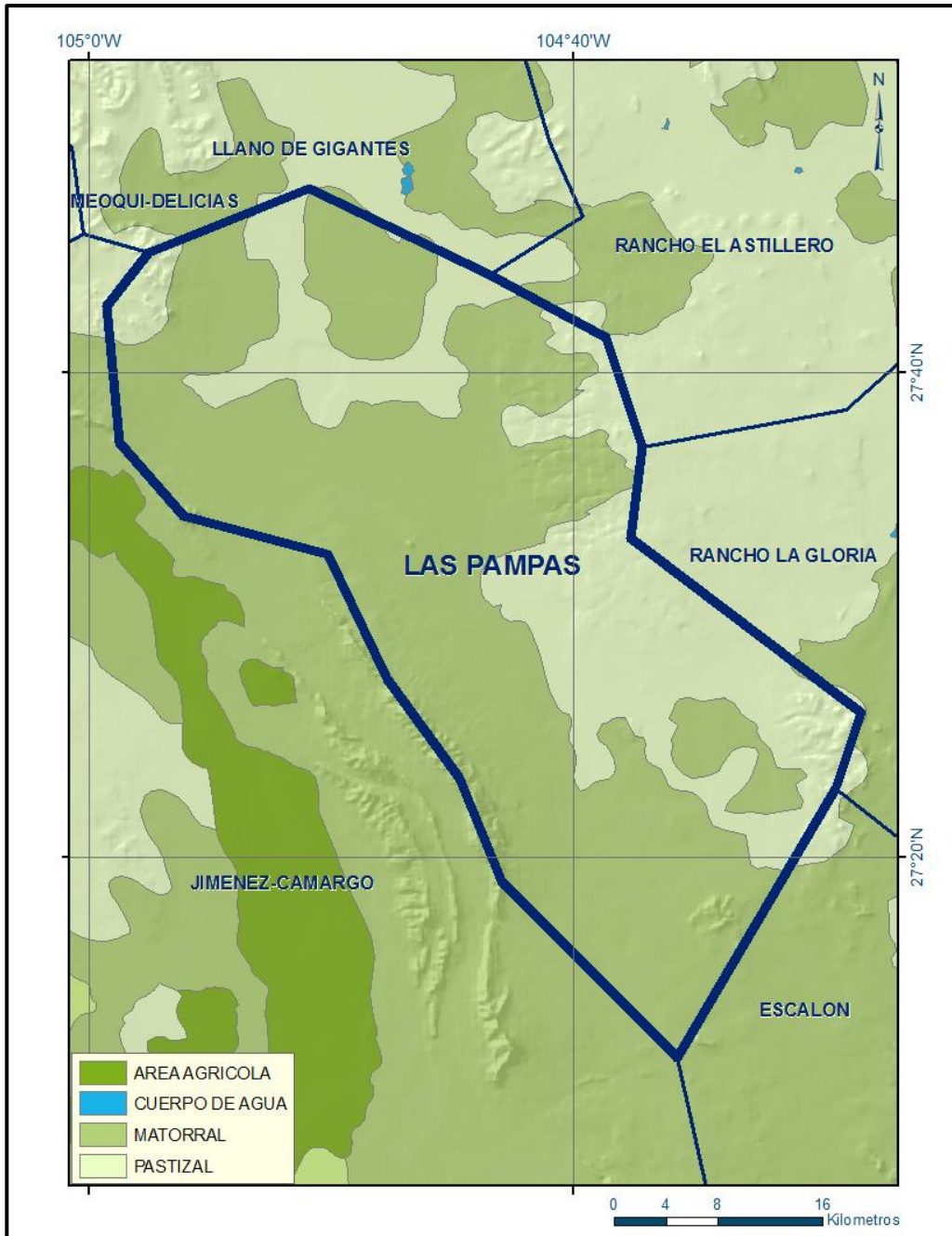


Figura 4. Uso de suelo

## 7.2. Salidas

La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B) y posiblemente a través de salidas subterráneas y evapotranspiración pero no se cuenta información piezométrica para su estimación. No existen manantiales, ni flujo base en ríos.

### 7.2.1. Bombeo (B)

Como se menciona en el apartado de censo e hidrometría, el valor de la extracción por bombeo calculado es de **0.1 hm<sup>3</sup>/año**.

## 8. DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, que establece la Metodología para calcular la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$DAS = Rt - DNCOM - VCAS \quad (3)$$

Donde:

**DAS**= Disponibilidad media anual de agua subterránea;

**Rt**= Recarga total media anual;

**DNCOM**= Descarga natural comprometida;

**VCAS**= Volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA;

### 8.1 Recarga total media anual (Rt)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (Rt), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, tanto en forma de recarga natural como inducida. Para este caso su valor es **12.7hm<sup>3</sup>/año**.

### 8.2 Descarga natural comprometida (DNCOM)

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 Las Pampas no existen descargas naturales comprometidas. Por lo tanto **DNCOM = 0**.

### 8.3 Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS)

El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, con fecha de corte al **31 de marzo de 2010 es de 7,000 m<sup>3</sup>/año**.

#### **8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas (DAS)**

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, de acuerdo con la expresión 3, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA.

$$\mathbf{DAS = Rt - DNCOM - VCAS \quad (3)}$$

$$DAS = 12.7 - 0.0 - 0.007000$$

$$\mathbf{DAS = 12.693000hm^3/año}$$

La cifra indica que existe un volumen adicional de **12'693,000 m<sup>3</sup> anuales** para otorgar nuevas concesiones.

#### **9. BIBLIOGRAFIA**

Comisión Nacional del Agua (2010). Estudio para Determinar la Disponibilidad de los Acuíferos: Laguna de Palomas, Llano de Gigantes, Las Pampas, Rancho El Astillero, Laguna de Jaco, Rancho la Gloria, Rancho Denton, Laguna los Alazanes, Laguna del Rey, Valle del Peso, Flores Magón – Villa Ahumada, El Sabinal y Los Juncos, estado de Chihuahua. Realizado por la Universidad Autónoma de Chihuahua.