



**SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**  
**GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE  
AGUA EN EL ACUÍFERO BUENAVENTURA (0804), ESTADO  
DE CHIHUAHUA**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
Antecedentes.....	2
1.1. Localización.....	2
<b>2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD .....</b>	<b>5</b>
<b>3. FISIOGRAFÍA.....</b>	<b>7</b>
3.1 Provincias fisiográficas.....	7
3.2 Clima.....	7
3.3 Hidrografía.....	8
3.4 Geomorfología.....	8
<b>4. GEOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
4.1 Estratigrafía.....	9
4.2 Geología Estructural .....	10
4.3 Geología del Subsuelo.....	10
<b>5. HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
5.1 Tipo de acuífero.....	11
5.2 Parámetros hidráulicos.....	11
5.3 Piezometría.....	12
5.4.1 Profundidad al nivel estático.....	12
5.4.2 Elevación al nivel estático.....	13
5.4.3 Evolución al nivel estático .....	14
<b>6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA .....</b>	<b>14</b>
<b>7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>14</b>
7.1 Entradas.....	15
7.1.1 Recarga natural.....	15
7.1.2 Recarga inducida .....	15
7.1.3 Flujo horizontal.....	15
7.2 Salidas .....	16
7.2.1 Extracción por bombeo (B).....	16
7.2.2 Descargas naturales.....	16
7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh) .....	16
7.2.4 Evapotranspiración.....	16
7.3 Cambio de almacenamiento.....	16
<b>8. DISPONIBILIDAD .....</b>	<b>17</b>
8.1 Recarga total media anual (R).....	17
8.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	17
8.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	18
8.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	18

## **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 Buenaventura, definido con la clave 0804 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la parte noroeste del estado de Chihuahua. El acuífero cubre una superficie de 3,309 km<sup>2</sup>, que representa cerca del 1.3 % del territorio estatal. Geográficamente, la zona de estudio está localizada entre los paralelos 29° 37' y 30° 29' de latitud norte y entre los meridianos 107° 11' y 107° 53' de longitud oeste (Figura 1). Los municipios donde se asienta este acuífero son Galeana y Buenaventura principalmente, y pequeñas porciones de Ignacio Zaragoza y Nuevo Casas Grandes, en el estado de Chihuahua.

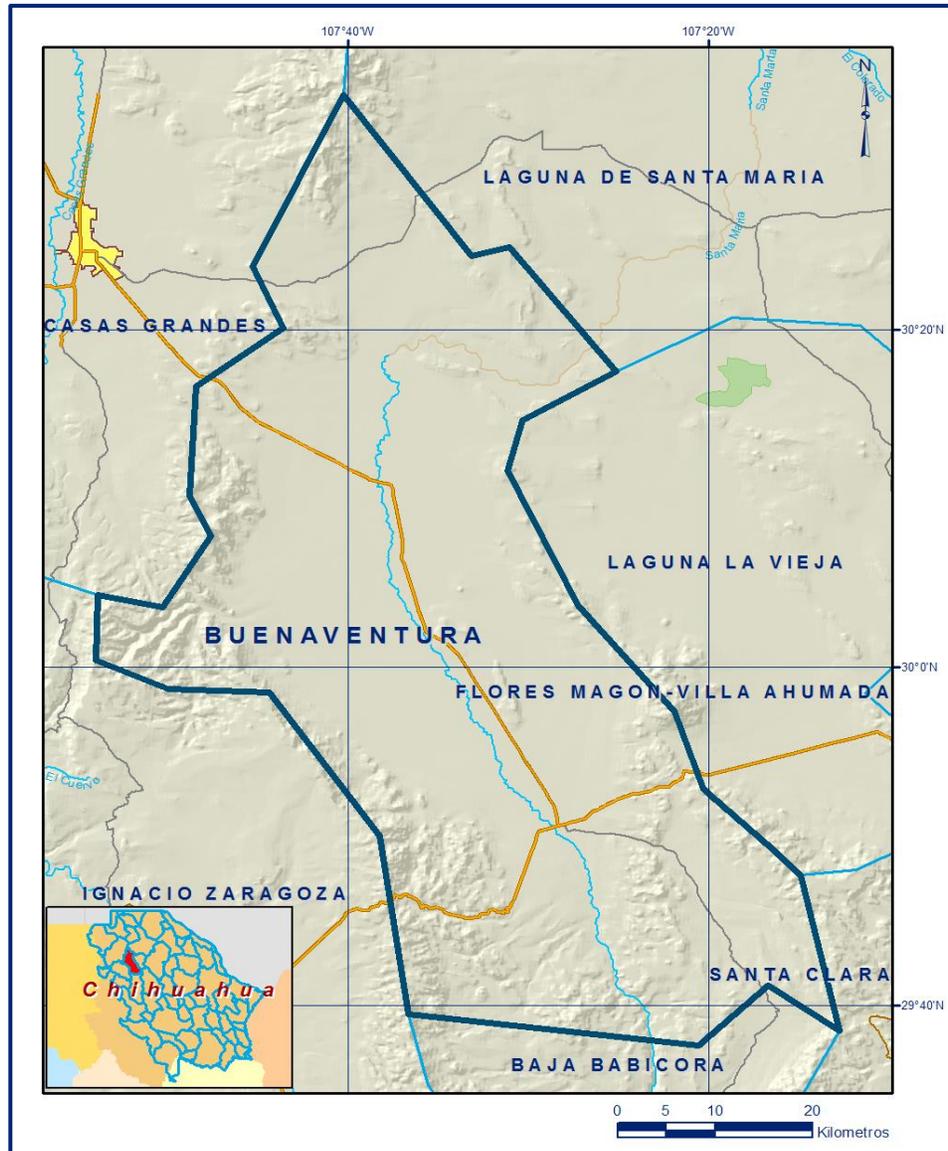


Figura 1. Localización del acuífero

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

La principal vía de comunicación en la región de Buenaventura es la carretera pavimentada federal No. 45 que comunica Chihuahua, capital del estado, con Ciudad Juárez; entronca a la altura del ejido San Lorencito con la carretera Federal No. 10 que une las poblaciones de Flores Magón, San Buenaventura, Casas Grandes, Janos, Ascensión y de ahí a Ciudad Juárez a través de la carretera Federal No. 2.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

<b>ACUIFERO 0804 BUENAVENTURA</b>						
<b>VERTICE</b>	<b>LONGITUD OESTE</b>			<b>LATITUD NORTE</b>		
	<b>GRADOS</b>	<b>MINUTOS</b>	<b>SEGUNDOS</b>	<b>GRADOS</b>	<b>MINUTOS</b>	<b>SEGUNDOS</b>
1	107	40	17.4	30	33	54.5
2	107	33	9.9	30	24	23.5
3	107	31	3.1	30	24	52.9
4	107	25	7.5	30	17	32.6
5	107	30	20.6	30	14	38.2
6	107	31	10.1	30	11	37.6
7	107	27	15.1	30	3	39.6
8	107	21	53.1	29	57	24.7
9	107	20	16.1	29	52	49.0
10	107	16	48.6	29	49	33.9
11	107	14	52.2	29	47	43.0
12	107	12	44.2	29	38	28.1
13	107	16	42.6	29	41	9.5
14	107	20	31.8	29	37	35.9
15	107	36	38.3	29	39	28.0
16	107	38	14.3	29	50	1.7
17	107	44	23.1	29	58	31.5
18	107	50	1.3	29	58	43.8
19	107	53	59.8	30	0	26.3
20	107	53	54.2	30	4	16.4
21	107	50	19.4	30	3	35.0
22	107	47	37.1	30	7	48.2
23	107	48	49.2	30	10	8.7
24	107	48	26.8	30	16	38.6
25	107	43	37.5	30	20	6.8
26	107	45	18.1	30	23	46.3
1	107	40	17.4	30	33	54.5

Entre las poblaciones más importantes de la zona de estudio están: Namiquipa, El Terrero, El Molino y Col. Independencia en la porción norte del valle, la de Oscar Soto Maynez, Abraham González, San Juan Bautista y Ruiz Cortínez en la parte central y la de Bachíniva en el extremo sur este.

Existe la carretera estatal No. 65 que comunica a San Buenaventura con Cuauhtémoc pasando por los poblados de Ignacio Zaragoza, Valentín Gómez Farías, Oscar Soto Maynez; de Cuauhtémoc a Chihuahua se tiene comunicación por la carretera Federal No. 16. Además, la región tiene varios caminos vecinales que se comunican con los pequeños poblados de la zona. La comunicación por Ferrocarril a México y Ciudad Juárez se tiene en la estación El Sueco a 114 km de San Buenaventura. Por vía aérea existe transportación a través de avionetas a poblaciones cercanas a San Buenaventura. Cuenta con servicios de radio y teléfono.

La actividad más importante en la región es la agricultura, destacando algodón, avena, chile, sorgo, grano, alfalfa, maíz y frijol. Le sigue en importancia la ganadería, de la cual existen varios criaderos de ganado.

Entre las poblaciones más importantes de la zona están: San Buenaventura, Hermenegildo Galeana, Colonia Rodrigo M. Quevedo, Abdenago C. García, Angostura, Col. Lebarón, Nabacoyán, San Joaquín, Tierras Nuevas y Ojo del Malpaís.

En esta zona se localiza el Distrito de Riego No. 42 en la porción noroeste del estado de Chihuahua, con coordenadas medias 29° 53' de latitud norte y 107° 34' de longitud al oeste de Greenwich; su altitud media es de 1 530 msnm. En el año de 1974 abarcaba una superficie de 8,095 ha de las cuales 1,647 ha pertenecen al municipio de Galeana y 6,448 ha al de Buenaventura. Cuenta el distrito con la presa de almacenamiento El Tintero, con una capacidad útil de 122 hm<sup>3</sup> y la presa derivadora del Carmen que se encuentran aproximadamente a 20 km y 10 km respectivamente. El distrito distribuye un volumen anual de 54 hm<sup>3</sup>/año.

### **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**

El primer estudio del que se tiene noticia fue realizado en 1974; su objetivo fue efectuar una evaluación preliminar de la potencialidad del acuífero y programar las etapas siguientes de estudio que permitiera establecer alternativas de explotación de las aguas subterráneas. Como resultado importante señalar que existen 128 aprovechamientos de agua subterránea, con extracción total de 31.5 hm<sup>3</sup>/año.

La principal corriente superficial del valle es el río Santa María con un caudal medio anual entre  $1.33 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $3.39 \text{ m}^3/\text{s}$ , para el período 1933-1948. El agua del acuífero es de buena calidad de acuerdo a normas establecidas para considerarla como potable. Las profundidades del nivel estático eran de 3 m en las riberas de la mitad norte del recorrido del río Santa María hasta 30 m en la parte sur. El flujo subterráneo ocurría del sureste al noroeste. Se obtuvieron valores de transmisividad del orden de  $0.22 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $17.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . La recarga calculada en un período de 3 meses tuvo una variación de  $25.8 \text{ hm}^3$  a  $59.2 \text{ hm}^3$ .

En 1981 se realizó otro estudio, cuyo objetivo fue conocer el grado de explotación de los acuíferos en la zona, determinar la magnitud y procedencia de la recarga del acuífero, ampliar el conocimiento de la geología del subsuelo y complementar la información geohidrológica para estudios posteriores. Entre los resultados de mayor relevancia es de citar que se censaron 173 obras de captación, de las cuales 168 son pozos, 4 tajos y que sólo se censó 1 noria, aun cuando había más, en total un 72% de las obras se encontraban activas. La profundidad total de los aprovechamientos cubría un rango de unos pocos metros hasta 170 m. Los usos a que se destinaban los aprovechamientos eran 77.8% riego, 18% abrevadero y 4.2% agua potable. Las menores profundidades del nivel estático se localizan al centro del valle, cercanas al río, con valores de 5 m, llegando a profundidades en la zona de 60 m. El flujo ocurre de sur a norte, las evoluciones promedio del nivel estático fueron del orden 1.0 a 2.0 m para un periodo de 1974-1981. Los valores promedio de las transmisividades obtenidas fueron de  $4.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , con valores máximos de  $13.7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . La extracción anual del acuífero fue de  $85.394 \text{ hm}^3$ , la recarga total anual por entrada vertical y entrada horizontal fue de  $68.24 \text{ hm}^3$ .

Posteriormente en 1999 se tiene un estudio realizado por la Gerencia Estatal en Chihuahua, cuyo objetivo fue determinar la posición y comportamiento de los niveles de agua subterránea a la fecha, evaluar potencialidad del acuífero, determinar volúmenes susceptibles de ser aprovechados y conocer más ampliamente el funcionamiento geohidrológico. Entre los aspectos más importantes se señala que la profundidad al nivel estático del acuífero varía de 3 a 30 m, de acuerdo a datos de 1996, y que los niveles más someros se ubican en la porción norte del acuífero; la dirección del flujo subterráneo es sensiblemente paralela al subálveo del río y sus afluentes, probablemente originado desde las sierras El Cristo y La Catarina. Las evoluciones del nivel estático para el período 1987-1996 indican que hay abatimientos de 0 a 20 m.

Existen en el área aproximadamente de 222 aprovechamientos de agua subterránea, de los cuales son 195 pozos, 21 norias, 5 tajos y un manantial, por medio de los cuales se extrae un caudal del orden de 86 Mm<sup>3</sup>/año, de agua de buena calidad, destinadas principalmente a la agricultura.

### **3. FISIOGRAFÍA**

#### **3.1 Provincias fisiográficas**

El área de estudio está localizada en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, en la porción noroeste del estado de Chihuahua, las principales sierras que la forman tienen una orientación general de norte a sur y las constituyen rocas volcánicas, el valle tiene una forma en general alargada.

Hacia el oriente del área abarcada por el estudio, se localiza una prolongación de la sierra de Las Tunas, donde se tienen elevaciones máximas de 1,800 msnm; al poniente se ubican las sierras de Catarina, del Cristo y América, en las que se observan elevaciones del orden de 2,000 msnm; al norte se encuentra otra elevación notable, que es el cerro del Tecolote y al noreste el cerro Puerto del Gato, con elevaciones del orden de 1,500 msnm; asimismo, al noreste se encuentra el cerro Grande.

El tipo de drenaje que se observa en el valle se puede clasificar como un sistema dendrítico, siendo el dren principal el río Santa María, con numerosos arroyos tributarios, entre los principales el San Joaquín y el del Cristo.

#### **3.2 Clima**

Con base a la clasificación de W. Köppen, modificada por Enriqueta García, el clima que prevalece en Buenaventura es del tipo desértico o seco, con verano cálido, temperatura media anual entre 12 y 18° C y la del más caliente mayor de 18° C, con régimen de lluvias en verano.

##### **Temperatura media anual**

La temperatura media anual varía de 15.6 a 17.5° C; el período caluroso del año es de junio a agosto, siendo enero y diciembre los meses más fríos.

##### **Precipitación media anual**

La precipitación promedio anual es del orden de 290 mm/año; el período de lluvias más acentuado, en general, es de junio a octubre, siendo abril el mes más seco.

### **3.3 Hidrografía**

#### **Región Hidrológica**

La zona de Buenaventura pertenece a la Región Hidrológica No. 34 "Cuencas Cerradas del Norte".

#### **Subregión**

Cuencas Cerradas del Norte.

#### **Cuenca**

El área en estudio está localizada dentro de la cuenca cerrada Laguna Santa María-Río Santa María.

Los escurrimientos superficiales en la zona son pocos y de escasa importancia, debido a las precarias precipitaciones pluviales que acontecen en la zona, la mayoría son pequeños arroyos que descienden de las sierras que limitan al oriente y poniente al valle de Buenaventura y desaguan en pequeñas lagunas como la de Ojo Caliente.

El escurrimiento más importante es el río Santa María que constituye el dren del valle, al que cruza de sureste a noroeste, recibiendo por su margen izquierda, en la porción norte, al arroyo San Joaquín, como único afluente de importancia. Este río intercepta al río Santa María cerca del poblado de Galeana.

El río Santa María se origina fuera del área de estudio, en el cerro de S. Ignacio en un punto situado a aproximadamente 40 km al noroeste de C. Cuauhtémoc y desagua en la laguna de Santa María, situada al sur de Guzmán, en la parte norte del estado de Chihuahua. Aguas debajo de la Presa El Tintero el río Santa María continúa su curso y penetra a la zona de estudio cerca del Rancho el Pasito.

### **3.4 Geomorfología**

En el área se identifican dos representaciones principales de las formas del terreno existente, que son las sierras localizadas en la periferia del valle, en la que se incluyen los cerros aislados ubicados dentro del valle y las planicies propiamente dichas, que forman el valle de Buenaventura.

La unidad de sierras y cerros constituye del orden del 54% de la superficie cubierta por el acuífero, se presentan en forma alargada de sur a norte con alturas máximas de 500 m sobre el valle, sus crestas son escarpadas y sus flancos abruptos.

El sistema de drenaje que se desarrolló en ellas, está mal integrado y configuran un sistema casi de tipo paralelo, el que en algunas ocasiones se continúa en la planicie del valle formando arroyos y en otras desaparece en dicha planicie originando pequeñas lagunas.

Las planicies ocupan del orden de 46% del área, correspondiendo a las superficies que presentan pendiente reducida y ocupan el área que ha sido rellenada por los depósitos procedentes de las rocas que constituyen las sierras y por los materiales depositados por el río Santa María en su paso a través del valle de Buenaventura.

## **4. GEOLOGÍA**

### **4.1 Estratigrafía**

Las principales unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio son: sedimentos recientes y materiales volcánicos. Las unidades de sedimentos recientes están constituidas principalmente por depósitos aluviales y fluviales. Los depósitos aluviales forman la mayor parte de la extensión de la planicie del valle de Buenaventura, y de acuerdo a los cortes litológicos de los pozos perforados por la SRH, en el valle están constituidos principalmente por arenas, gravillas y gravas con intercalaciones de arcillas y lutitas, que constituyen el acuífero en explotación, con permeabilidad variable de acuerdo a su contenido de arcillas.

Los depósitos fluviales se localizan principalmente a lo largo del cauce del río Santa María y del arroyo San Joaquín, que son las únicas corrientes superficiales de importancia en el valle. Están constituidos por limos, arenas, arcillas, gravas y cantos rodados; por su extensión reducida y por encontrarse arriba del nivel de saturación, no constituyen acuíferos, pero en cambio, por su alta permeabilidad favorecen la infiltración del agua hacia el subsuelo, constituyendo zonas de recarga del acuífero del valle de Buenaventura. La unidad de materiales volcánicos, corresponde a las emisiones volcánicas que coronan a la Sierra Madre Occidental.

Las principales rocas componentes de los cerros aislados ubicados dentro del área del valle son basaltos, andesitas basálticas de textura amigdaloides, a las que sobreyace capas de riolitas grises que presentan bandeamiento, y rocas masivas silíceas.

Las sierras que delimitan al valle están formadas por una secuencia de riolitas, tobas riolíticas soldadas, delgadas capas de cenizas volcánicas y capas de andesitas basálticas, con inclinación hacia el río Santa María.

En algunos sitios las tobas riolíticas soldadas por su fracturamiento presentan estructura columnar y localmente se observan también retorcidas, lo que sugiere que sufrieron deformaciones plásticas por flujo, antes de su solidificación.

#### **4.2 Geología Estructural**

El acuífero se encuentra dentro de una zona que se caracteriza por ser una gran superficie desértica en la que emergen aislados bloques montañosos, separados por amplias llanuras. Se encuentra dentro de la Sierra Madre occidental que está constituida por un sistema de cordilleras montañosas, caracterizado por extravasaciones ígneas de derrames terciarios que cubren a rocas ígneas sedimentarias del Mesozoico y Paleozoico. La cuenca tiene su origen a partir de los movimientos registrados durante la revolución Laramídica, estos movimientos dieron lugar a desplazamientos de las rocas, incluso a la manifestación de fuertes espesores de rocas volcánicas tanto intrusivas como extrusivas que actualmente conforman la sierra Madre Occidental.

Por el fracturamiento que presentan las rocas funcionan como transmisoras del agua de lluvia, hacia los acuíferos del valle. De acuerdo con información de los cortes geológicos obtenidos de 3 perforaciones realizadas hasta 120 m de profundidad por la SRH en el área del ejido de "Rodrigo M. Quevedo" durante el estudio de 1974, se observó que los espesores de los depósitos aluviales del valle, que es donde se ubica el acuífero, deben pasar esa profundidad.

#### **4.3 Geología del Subsuelo**

Los sedimentos que rellenan las partes bajas de la zona, están constituidos por depósitos aluviales y fluviales, además de los depósitos de pie de monte que se encuentran en las estribaciones de los montes y sierras existentes en el área.

Los depósitos aluviales forman la mayor parte de la extensión de la planicie del valle, estando constituidos principalmente por gravas y arenas de distinta clasificación, variando su contenido en arcillas. Los depósitos fluviales se localizan en las márgenes del río Santa María y en los diferentes arroyos que existen en el área, su constitución es principalmente de cantos rodados, gravas y arenas con algunos sedimentos finos. Los depósitos de pie de monte están constituidos por fragmentos angulosos de diferentes tamaños y composición, empaquetados en una matriz arcillosa.

En las partes bajas de la zona en estudio se encuentran acumulaciones de sedimentos finos que se han clasificado como depósitos lacustres, en donde el paquete de limos y arcillas es de gran extensión. Los aluviones tienen gran importancia desde el punto de vista geohidrológico, pues en ellos se realiza la explotación de aguas subterráneas. La importancia de las riolitas y basaltos, estriba en que son aportadores o alimentadores de estos aluviones, en aquellas regiones o áreas donde existe un fracturamiento intenso.

## **5. HIDROGEOLOGÍA**

### **5.1 Tipo de acuífero**

La información geológica e hidrogeológica disponible permite establecer que el acuífero principal está emplazado en los materiales del Cuaternario y se localiza a lo largo del valle de la cuenca del río Santa María. El acuífero en explotación de la cuenca está contenido principalmente en los sedimentos aluviales que rellenan el valle, el cual funciona en su mayor parte como libre, existiendo probablemente cierto confinamiento en la parte norte de la cuenca, en las cercanías de la población de Galeana. La dirección del flujo subterráneo es sensiblemente paralela a la dirección que sigue el río Santa María, llegando a encontrar también un flujo paralelo al cauce del arroyo San Joaquín. Las recargas del acuífero ocurren principalmente en el subálveo del río y sus afluentes, así como en sierras que circundan al valle como son las Del Cristo y La Catarina.

### **5.2 Parámetros hidráulicos**

Las características hidráulicas del acuífero en estudio se tienen determinadas con base a la ejecución de 12 pruebas de bombeo de corta duración realizadas en el año de 1974 en las que se obtuvieron valores de transmisividad del orden de  $0.22 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $17.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , y de otras 6 pruebas de bombeo, realizadas en el año de 1981, a través de las cuales se obtuvo una transmisividad promedio del orden de  $4.19 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### 5.3 Piezometría

Los primeros datos relativos a la posición del nivel del agua en pozos ubicados en la zona de estudio corresponden al año de 1974; posteriormente, la construcción de nuevos pozos permitió contar con mayor información como la derivada de los años 1982, 1987 y 1996.

### 5.4 Comportamiento hidráulico

#### 5.4.1 Profundidad al nivel estático

De acuerdo a la piezometría del año de 1982, las profundidades del nivel estático del acuífero en estudio varían de 3 a 35 m, existiendo en forma muy local valores del orden de 60 m en una porción de las faldas de la sierra América, ubicada al noroeste del poblado de San Francisco.

La profundidad del nivel estático en general aumenta del centro hacia la periferia del valle; los niveles más someros se tienen en las porciones bajas del valle y norte del acuífero, correspondiente al área de Galeana; mientras que, en la porción sur del acuífero, particularmente al sur del poblado Buenaventura, se presentan profundidades del orden de 35 m, tal como se puede observar en la figura 2.

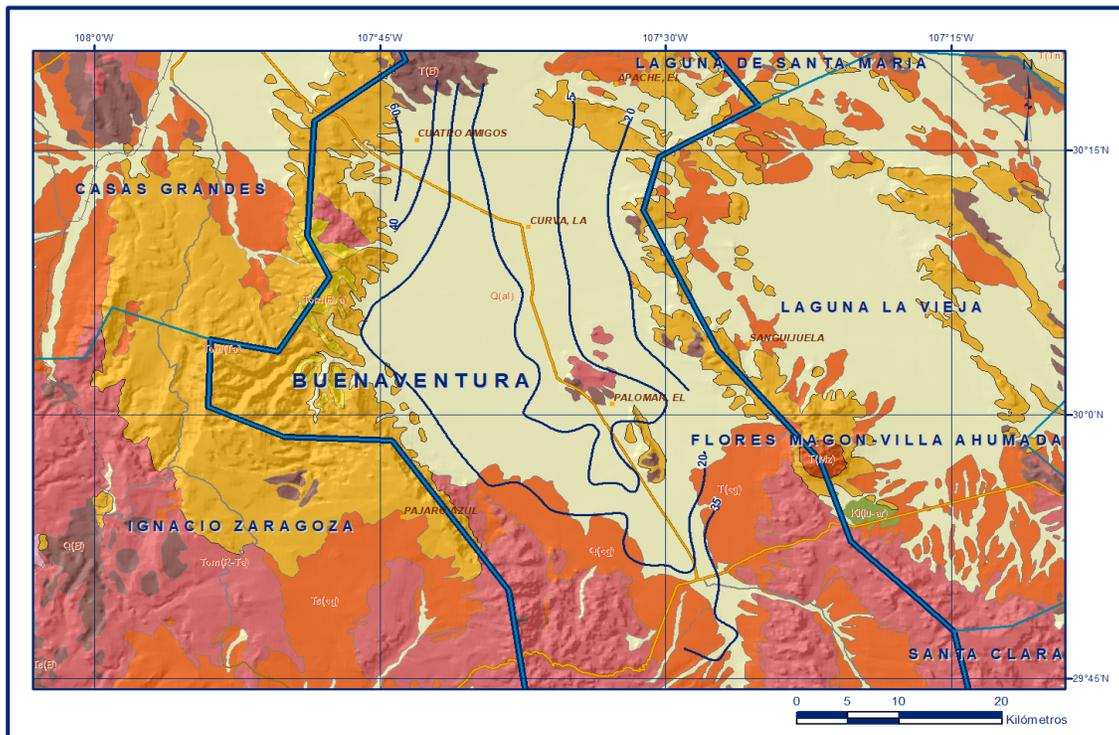


Figura 2. Profundidad al nivel estático en m (1982)

En las faldas de las sierras y cerros que circundan al valle los niveles estáticos son mayores de 20 m, debido a la topografía ascendente.

#### 5.4.2 Elevación al nivel estático

De acuerdo con la información piezométrica del año de 1982, en general el flujo de agua subterránea presenta una dirección de sur a norte y es sensiblemente paralela al río Santa María, las mayores elevaciones del nivel estático son del orden de 1,540 msnm ubicadas al sur del poblado de Buenaventura, y las menores de 1,390 msnm al norte del poblado La curva, como se puede observar en la figura 3. Existe otra zona donde los niveles estáticos del agua subterránea presentan elevación máxima de 1,540 msnm, localizada entre la sierra El Cristo y América y que fluyen con dirección noreste hacia el centro del valle, para converger hacia el norte del poblado La Curva donde el acuífero presenta su menor elevación del nivel estático, el cual es de 1,390 msnm. El acuífero se recarga con agua de lluvia y en ciertas áreas por agua infiltrada del río Santa María. En la figura 3 se puede observar que la recarga proveniente de las sierras que circundan al valle, tiende a converger hacia las partes bajas del río Santa María; por el sur de la zona, se presenta una entrada pequeña de agua subterránea.

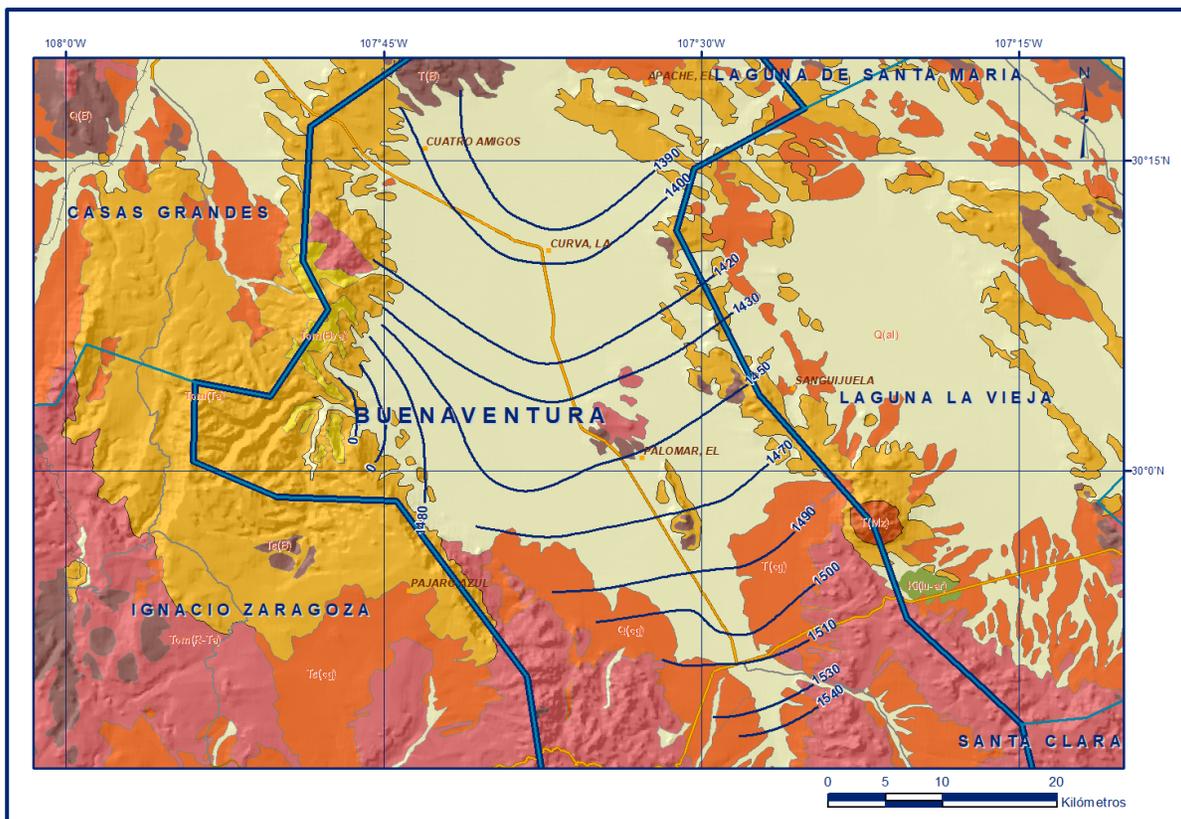


Figura 3. Elevación del nivel estático en m (1982)

### 5.4.3 Evolución al nivel estático

Con base a la información piezométrica 1987-1996, la evolución del nivel estático, presenta abatimientos de 0 a 20 m totales en el período, los valores de mayor abatimiento se ubican en la zona de Rodrigo M. Quevedo.

En la zona inmediatamente al noroeste del poblado de Buenaventura, se evidencia un abatimiento definido por la curva de valor 6.0 m, mostrando un abatimiento medio anual en el período mencionado de 2.2 m en esa zona. En la zona norte, el acuífero no presenta evolución.

La variación anual promedio del nivel estático en la zona de valle, (1,450 km<sup>2</sup>), se estima en 0.6 m/año.

## 6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

El número de aprovechamientos hidráulicos subterráneos son 222, de los cuales 195 son pozos, 21 norias, 5 tajos y un manantial.

La Gerencia Estatal Chihuahua de la CNA, reporta que a través de los 222 aprovechamientos se extrae un caudal del orden de **86.7 hm<sup>3</sup>/año**, destinados principalmente a la agricultura. Con base a la tabla No. 2, "Extracción de aguas subterráneas de acuerdo al tipo de uso", RH-34 H 1/1, corresponden para uso agrícola 85.8 hm<sup>3</sup>/año y para uso público urbano y doméstico 0.9 hm<sup>3</sup>/año.

## 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 total está constituida por la recarga natural y la recarga incidental o inducida derivada de la aplicación de agua, tanto superficial como subterránea, en las actividades humanas.

### **7.1.1 Recarga natural**

La recarga natural del acuífero corresponde básicamente a los volúmenes infiltrados por agua de lluvia y recarga horizontal proveniente de las zonas de recarga. La recarga por lluvia es de 25.2 hm<sup>3</sup>/año, al considerar un área de 1,450 km<sup>2</sup>, una precipitación promedio de 290 mm/año y un coeficiente de recarga 0.06.

Respecto a la recarga por infiltración de los escurrimientos superficiales naturales no se considera, ya que el río Santa María, el más importante, presenta escurrimientos sólo durante la temporada de lluvias, y los volúmenes que llegan a presentarse son captados y aprovechados en zonas agrícolas.

### **7.1.2 Recarga inducida**

El volumen de agua que anualmente retorna al acuífero como consecuencia del riego que se realiza en el área se calculó multiplicando al volumen de agua subterráneas aplicado al riego (85.8 hm<sup>3</sup>/año), por un coeficiente de infiltración ( $I_2$ ), de 0.20, resultando un volumen de recarga de **17.25 hm<sup>3</sup>/año**.

Otra recarga inducida proviene del agua superficial aplicada al riego, en este caso resulta importante tomar en cuenta los volúmenes distribuidos en el distrito de riego; el volumen de aplicado al riego es de 54 hm<sup>3</sup>/año, que por un coeficiente de 0.25, origina una recarga inducida adicional de **13.55 hm<sup>3</sup>/año**. Al mismo tiempo, el uso público urbano origina una recarga al acuífero por pérdidas en redes de distribución básicamente, el cual se calculó aplicando un coeficiente de 0.20 ( $I_3$ ) al volumen usado de 0.9 hm<sup>3</sup>/año, resultando una recarga inducida de 0.2 hm<sup>3</sup>/año.

### **7.1.3 Flujo horizontal**

El cálculo de entradas por flujo horizontal ( $E_h$ ), se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático del año 1982; además de la transmisividad obtenida a través de las pruebas de bombeo efectuadas en pozos distribuidos en la zona de estudio, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = T * B * i$$

Donde:

Q = gasto que pasa por un determinado canal de flujo;

T = transmisividad;

B = ancho de la celda;

I = gradiente hidráulico

El gasto obtenido en un total de 12 celdas de entrada considerada fue de **10.4 hm<sup>3</sup>/año**.

## **7.2 Salidas**

### **7.2.1 Extracción por bombeo (B)**

El volumen extraído del acuífero a través del bombeo (B), para todos los usos resultó de **86.7 hm<sup>3</sup>/año**.

### **7.2.2 Descargas naturales**

En la zona sólo existe 1 manantial, su volumen de descarga está considerado en el bombeo.

### **7.2.3 Salidas por flujo subterráneo horizontal (Sh)**

Este acuífero presenta una salida de agua subterránea debida a flujo horizontal por la parte norte de la zona en estudio, como se observa en la figura 3, y de acuerdo con datos de transmisividad y a la piezometría 1982, los volúmenes de salida son del orden de Sh= **1.8 hm<sup>3</sup>/año**.

### **7.2.4 Evapotranspiración**

En una porción del acuífero ubicada en la parte norte del acuífero, de aproximadamente 450 km<sup>2</sup> de extensión y con niveles estáticos someros menores de 10.0 m, ocurre un volumen de evapotranspiración del orden de **1.0 hm<sup>3</sup>/año**, al considerar una lámina de evaporación potencial de 2.2 m/año y por un coeficiente de 0.001 para la evaporación.

## **7.3 Cambio de almacenamiento**

Para el cálculo de este término se consideró la variación de los niveles estáticos del orden de 0.6 m/año, valor que aplicado al área de valle (1,450 km<sup>2</sup>), resulta un volumen drenado (Vd) de 870 hm<sup>3</sup>/año, al que aplicado al coeficiente de almacenamiento de 0.02645, resulta un cambio de almacenamiento de **-23.0 hm<sup>3</sup>/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:

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

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 **66.5 hm<sup>3</sup>/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 **0.0 hm<sup>3</sup>/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 **187,894,067 m<sup>3</sup>** anuales, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre de 2022**.

### **8.4 Disponibilidad media anual de 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 66.5 - 0.0 - 187.894067 \\ \text{DMA} &= -121.394067 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de **121,394,067 m<sup>3</sup> anuales**.