

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Buenaventura (0804),
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.**

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
ESTADO DE CHIHUAHUA							
0804	BUENAVENTURA	66.5	0.0	131.627887	132.0	0.000000	-65.127887

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.

ACUIFERO 0804 BUENAVENTURA

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
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



Comisión Nacional del Agua

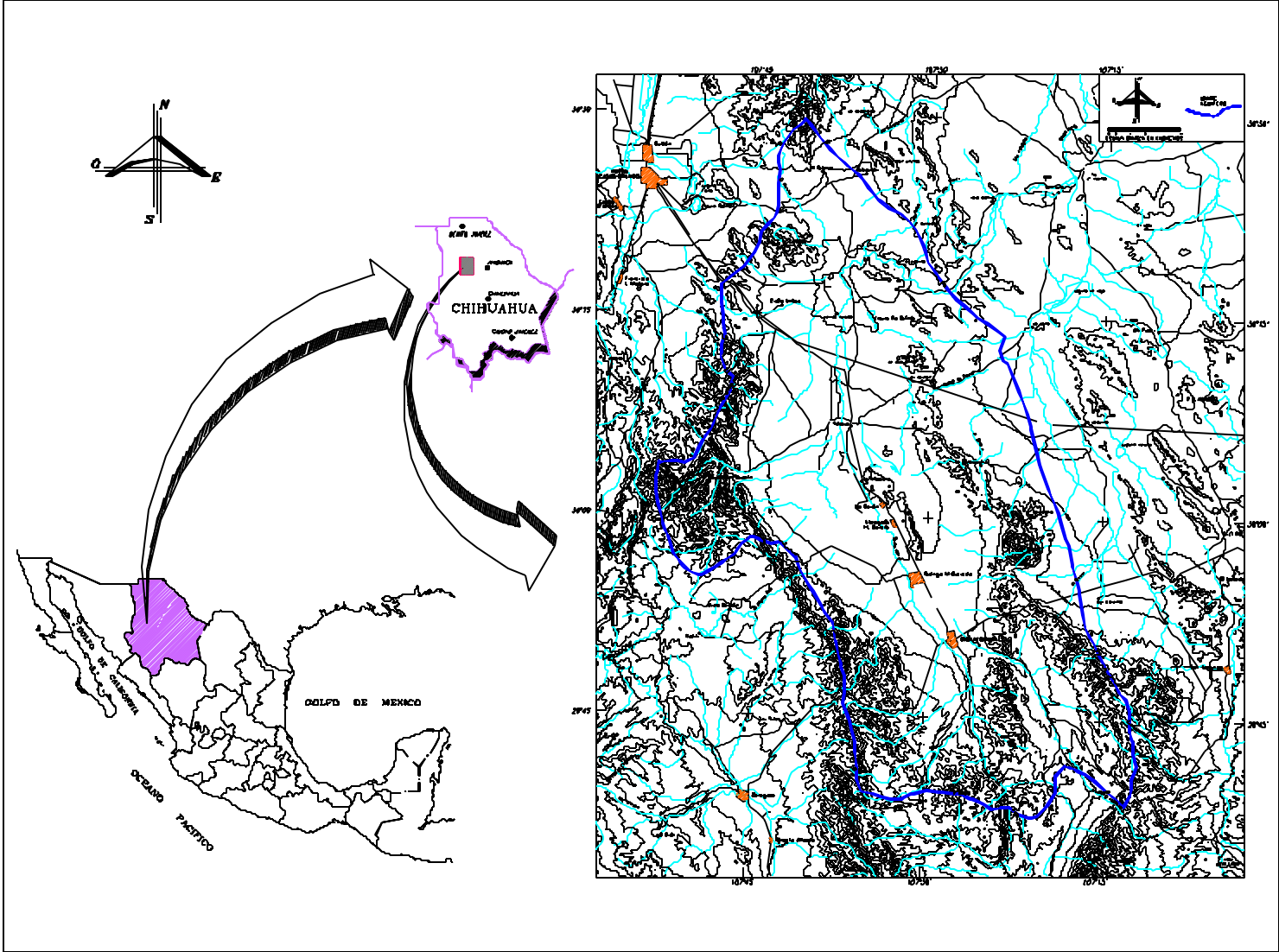
Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD
DE AGUA EN EL ACUÍFERO
BUENAVENTURA, ESTADO DE CHIHUAHUA***

México, D.F., 30 de abril de 2002



Acuífero Buenaventura, Chih.

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO BUENA- VENTURA, ESTADO DE CHIHUAHUA

Contenido

1 Generalidades

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Localización, extensión y límites de la unidad hidrogeológica
- 1.3 División municipal

2 Estudios técnicos realizados con anterioridad

3 Fisiografía

- 3.1 Provincias fisiográficas
- 3.2 Clima
 - 3.2.1 Temperatura media anual
 - 3.2.2 Precipitación media anual
 - 3.2.3 Evaporación potencial media anual
- 3.3 Hidrografía
 - 3.3.1 Región hidrológica
 - 3.3.2 Sub región
 - 3.3.3 Cuenca
- 3.4 Geomorfología

4 Geología

- 4.1 Estratigrafía
- 4.2 Geología estructural
- 4.3 Geología del subsuelo

5 Hidrogeología

- 5.1 Tipo de acuífero
- 5.2 Parámetros hidráulicos
- 5.3 Piezometría
 - 5.3.1 Profundidad del nivel estático
 - 5.3.2 Elevación del nivel estático
 - 5.3.3 Evolución del nivel estático

6 Censo de aprovechamientos e hidrometría del bombeo

7 Balance de aguas subterráneas

- 7.1 Entradas
 - 7.1.1 Recarga natural
 - 7.1.2 recarga inducida
 - 7.1.3 Flujo horizontal
- 7.2 Salidas
 - 7.2.1 Evapotranspiración
 - 7.2.2 Descargas naturales
 - 7.2.3 Extracción de aguas subterráneas
 - 7.2.4 Flujo horizontal
- 7.3 Cambio de almacenamiento

8 Disponibilidad

- 8.1 Recarga total media anual
- 8.2 Descarga natural comprometida
- 8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado o inscrito en el REPDA
- 8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

Figuras

- Figura 1 Acuífero Buenaventura, Chih.
- Figura 2 Profundidad del nivel estático 1982
- Figura 3 Elevación del nivel estático, 1982

Tablas

- Tabla 1 Vértices de la poligonal del acuífero de Buenaventura, Chih.
- Tabla 2 Balance de aguas subterráneas

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO DE BUENAVENTURA, ESTADO DE CHIHUAHUA

1 Generalidades

1.1 Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (LAN) contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CNA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, por acuífero en el caso de las aguas subterráneas, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la Norma Oficial Mexicana (NOM) “Norma Oficial Mexicana que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales” (NOM de Disponibilidad). Esta norma a sido preparada por un grupo de especialistas provenientes de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, organismos de los gobiernos de los estados y municipios, y de la CNA.

Con la publicación de la LAN en diciembre de 1992, se establece que los aprovechamientos de agua subterránea deberán de estar inscritos en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), estimándose a esa fecha un universo de 140,000 pozos existentes en todo el país, de los cuales, unos 42,600 contaban con registro nacional y otros 10,000 tenían algún tipo de autorización. A finales de 1995 se emitieron Decretos Presidenciales que otorgan facilidades a los usuarios para inscribir sus pozos en el REPDA, que se prorrogaron hasta finales de 1999, con lo que se ha logrado captar a casi todo el universo de usuarios. Uno de los instrumentos que le dará certidumbre jurídica a los actos de autoridad de la CNA, es la publicación en el DOF de los datos de disponibilidad de agua subterránea en cada uno de los acuíferos del país y la publicación de los estudios técnicos correspondientes. Esta publicación deberá estar dentro de los lineamientos que establece la NOM de disponibilidad.

El método que establece la NOM indica que para calcular la disponibilidad de aguas subterráneas deberá de realizarse un balance de las mismas, donde se defina de manera precisa la recarga de los acuíferos, y de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el REPDA.

Los datos técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información necesaria, en donde quede claramente especificado el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar, considerando los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA). La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para fines de administración del recurso, en la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, en los planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, y en las estrategias para resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

1.2 Localización, extensión y límites de la unidad hidrogeológica

El acuífero Buenaventura se localiza en la parte noroeste del estado de Chihuahua. El acuífero cubre una superficie de 3 309 km² ⁽¹⁾, que representa cerca del 1.3 % del territorio estatal. Geográficamente, la zona de estudio esta localizada entre los paralelos 29° 37' y 30° 29' de latitud norte y entre los meridianos 107° 11' y 107° 53' de longitud oeste, dentro de la poligonal cuyos vértices se enlistan a continuación:

Tabla 1 Vértices de la poligonal del acuífero Buenaventura ⁽²⁾

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	107	41	16.8	30	29	34.8	
2	107	23	38.4	30	13	33.6	
3	107	24	7.2	30	12	32.4	
4	107	13	22.8	29	47	6.0	
5	107	12	43.2	29	38	27.6	
6	107	16	40.8	29	41	9.6	
7	107	20	31.2	29	37	37.2	
8	107	35	13.2	29	39	18.0	
9	107	41	9.6	29	56	42.0	
10	107	45	7.2	29	58	8.4	
11	107	49	30.0	29	55	15.6	
12	107	53	9.6	30	3	39.6	
13	107	50	6.0	30	3	57.6	
14	107	46	55.2	30	10	4.8	
15	107	48	3.6	30	17	2.4	
1	107	41	16.8	30	29	34.8	

1.3 División municipal

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, como se muestra en la figura 1

La principal vía de comunicación en la región de Buenaventura es la carretera pavimentada federal No. 45 ⁽³⁾ 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 Mgón, San Buenaventura, Casas Grandes, Janos, Ascensión y de ahí a Ciudad Juárez a través de la carretera Federal No. 2.

¹ Catálogo de Acuíferos, CNA, 2000

² Gerencia de Aguas Subterráneas, CNA, 2000

³ Plano de INEGI, Condensado Estatal, Chihuahua, esc. 1: 1 250 000

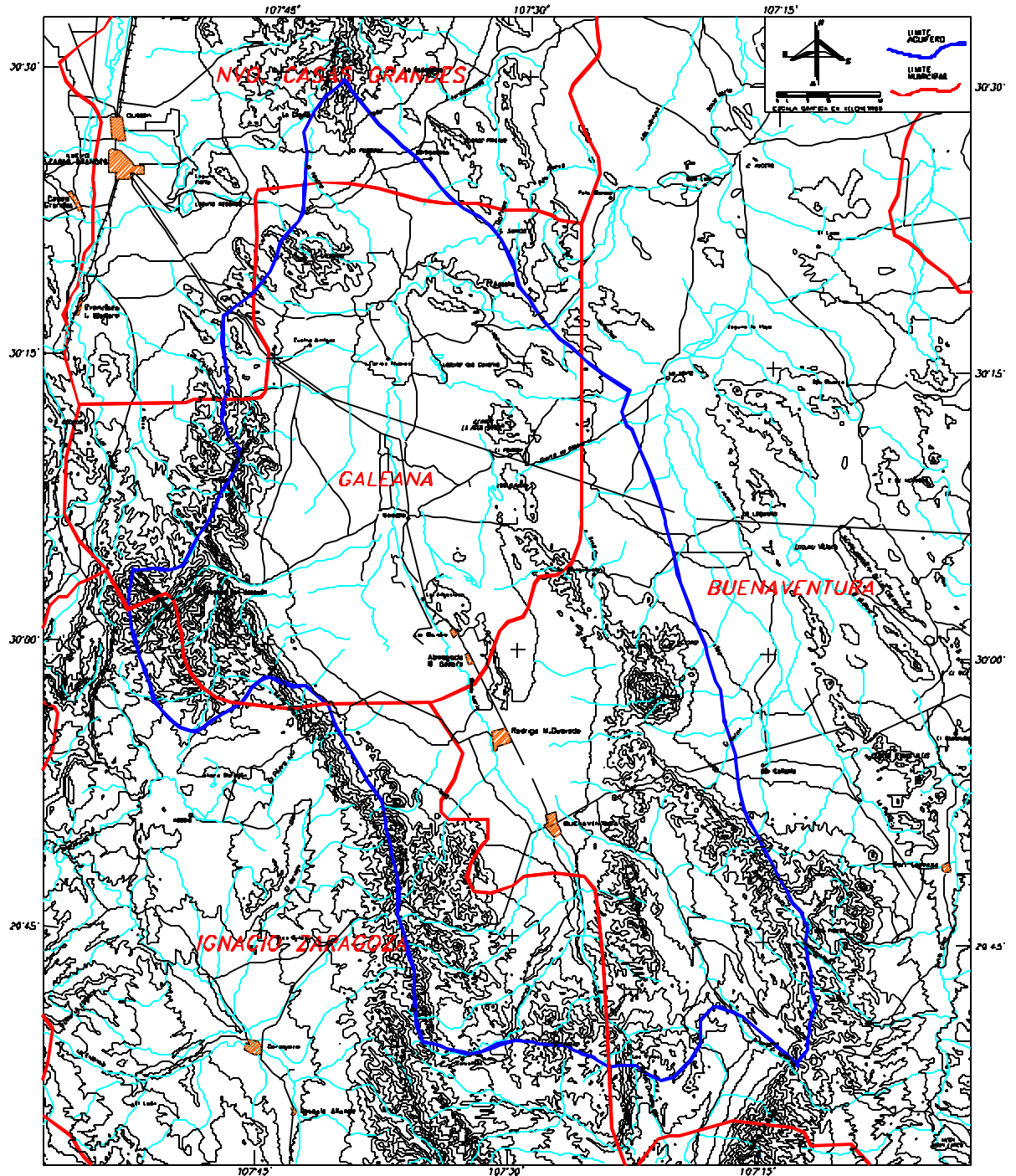


Figura 1 acuífero Buenaventura, Chih.

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 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 (⁴).

Entre las poblaciones más importantes de la zona de estudio 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 8095 ha de las cuales 1 647 ha pertenecen al municipio de Galeana y 6 448 ha al de Buenaventura (⁵). Cuenta el distrito con la presa de almacenamiento El Tintero, con una capacidad útil de 122 Mm³ (⁶) 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 Mm³/año (⁷).

2 Estudios técnicos realizados con anterioridad

El primer estudio de que se tiene noticia fue realizado en 1974 (⁸); su objetivo fue efectuar una evaluación preliminar de la potencialidad del acuífero y programar las etapas siguientes de estudio que permitieran establecer alternativas de explotación de las aguas subterráneas. Como resultado importante señala que existen 128 aprovechamientos de agua subterránea, con extracción total de 31.5 Mm³/año. La principal corriente superficial del valle es el río Santa María con un caudal medio anual entre 1.33 m³/s a 3.39 m³/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 de sureste al noroeste. Se obtuvieron valores de transmisividad del orden de 0.22 x 10⁻³ m²/s a 17.1 x 10⁻³ m²/s. La recarga calculada en un período de 3 meses tuvo una variación de 25.8 Mm³ a 59.2 Mm³

En 1981 se realizó otro estudio (⁹), 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

⁴ Anuario estadístico del estado de Chihuahua, capítulo 4, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), edición 1999.

⁵ Estudio geohidrológico en diversas zonas del estado de Chihuahua, Zona Buenaventura, elaborado para la Secretaría de Recursos Hidráulicos, por la compañía Ingeniería y Sistemas S.A., Capítulo 4, contrato EIGZA-74-6, 1974.

⁶ Millones de m³

⁷ Características de distritos y unidades de riego. SARH. 1978

⁸ "Estudio Geohidrológico en diversas zonas del estado de Chihuahua", zona Buenaventura, realizado por la compañía Ingeniería y Sistemas S.A. en 1974 para la Dirección de Geohidrología y Zonas Áridas, SRH, bajo el contrato EIGZA-74-6

⁹ Op. Cit. Estudio geohidrológico de 1974.

de captación, de las cuales 168 son pozos, 4 tajos y que sólo se censó 1 noria, aún 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 Mm^3 , la recarga total anual por entrada vertical y entrada horizontal fue de 68.24 Mm^3 .

Posteriormente en 1999 se tiene un estudio realizado por la Gerencia Estatal en Chihuahua (¹⁰), 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 $86 \text{ Mm}^3/\text{año}$, 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 (¹¹), 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 (¹²), 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.

¹⁰ "Estudio de actualización de condiciones piezométricas de la zona Buenaventura, Chih." Realizado por el Departamento de Aguas subterráneas de la Subgerencia Técnica de la Gerencia Estatal Chihuahua, CNA, 1999.

¹¹ Anuario estadístico del estado de Chihuahua, capítulo 1, edición 1999.

¹² Op. Cit. estudio geohidrológico de 1974.

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 (¹³).

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 (¹⁴).

3.2.1 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.

3.2.2 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.

3.2.3 Evaporación potencial media anual

La evaporación media anual es de aproximadamente 2 200 mm; los meses con mayores índices de evaporación media son mayo y junio, y los de menor valor son diciembre y enero.

3.3 Hidrografía

3.3.1 Región Hidrológica

La zona de Buenaventura pertenece a la Región Hidrológica No. 34 “ Cuencas Cerradas del Norte” (¹⁵).

3.3.2 Sub región

Cuencas Cerradas del Norte

3.3.3 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

¹³ “Estudio de actualización de condiciones piezométricas de la zona de Buenaventura, Chih.”, elaborado por el Departamento de Aguas Subterráneas, subgerencia Técnica, CNA, 1999.

¹⁴ Op. Cit. estudio geohidrológico de 1974.

¹⁵ Boletín Hidrológico de la Región Hidrológica No. 33, SRH, 1970.

San Joaquín, como único afluente de importancia (¹⁶). 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, Chih., en la parte norte del estado de Chihuahua. Aguas debajo de la Presa El Tintero el río Santa María continua 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 (¹⁷).

La unidad de sierras y cerros constituye del orden de 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.

Por la pendiente reducida de la planicie el drenaje que se desarrolló en ella está poco integrado, con excepción de algunas áreas de superficie ondulada, localizadas principalmente al poniente del valle y que presentan un drenaje de tipo dendrítico escaso.

4 Geología

La geología del área de estudio esta constituido por rocas ígneas cubiertas de aluvi6n del cuaternario, localizándose en algunas zonas derrames volcánicos con presencia de textura amigdaloides. En las zonas aledañas al río Santa María se localizan depósitos aluviales constituidos estos por cantos rodados, gravas y arcillas (¹⁸). Las montañas están constituidas por rocas de naturaleza ígnea riolítica, tobas riolíticas, y basaltos.

4.1 Estratigrafía

Las principales unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio son: sedimentos recientes y materiales volcánicos (¹⁹).

¹⁶ Op. Cit. estudio geohidrol6gico de 1974, capitulo 4.

¹⁷ Op. Cit. estudio geohidrol6gico de 1974. capitulo 5.

¹⁸ Op. Cit. estudio geohidrol6gico de 1974.

¹⁹ Op. Cit. estudio geohidrol6gico de 1974, capitulo 5.

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 (²⁰), 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 sobreyacen 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

La zona de estudio 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 (²¹). 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 (²²).

²⁰SRH, Secretaría de Recursos Hidráulicos

²¹ Caracterización geohidrológica del estado de Chihuahua, capítulo 2, elaborado por la compañía PECTEN, S.A. de C.V., para la Gerencia de Aguas Subterráneas, CNA, 1994

²² Op. Cit. estudio geohidrológico de 1974.

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 (²³).

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 paralelo 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 (²⁴).

²³ “Estudio de actualización de condiciones Piezométricas de la zona de Buenaventura, Chih.”, elaborado por el Departamento de Aguas Subterráneas, subgerencia Técnica, CNA, 1999.

²⁴ Op. Cit. estudio de actualización de 1999.

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 $17.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ⁽²⁵⁾, 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 $4.19 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ⁽²⁶⁾.

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.

5.3.1 Profundidad del nivel estático

De acuerdo a la piezometría del año de 1982 ⁽²⁷⁾, 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. 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.

5.3.2 Elevación del nivel estático

De acuerdo con la información piezométrica del año de 1982 ⁽²⁸⁾, 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.

²⁵ Op. Cit. estudio geohidrológico de 1974

²⁶ Op. Cit. estudio geohidrológico de 1981.

²⁷ Op. Cit. estudio geohidrológico de 1981.

²⁸ Op. Cit. estudio geohidrológico de 1981

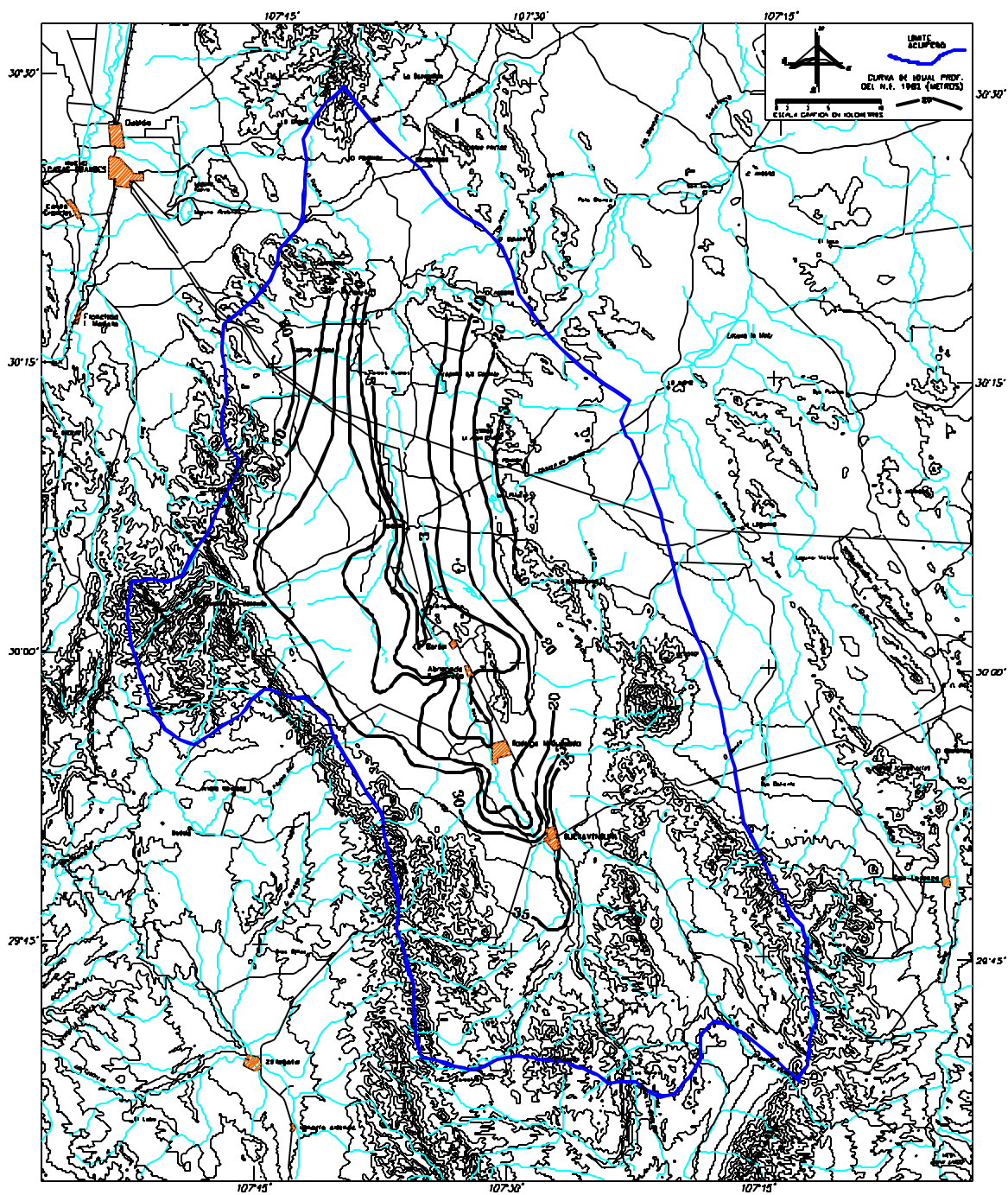


Figura 2 Profundidad del nivel estático, 1982

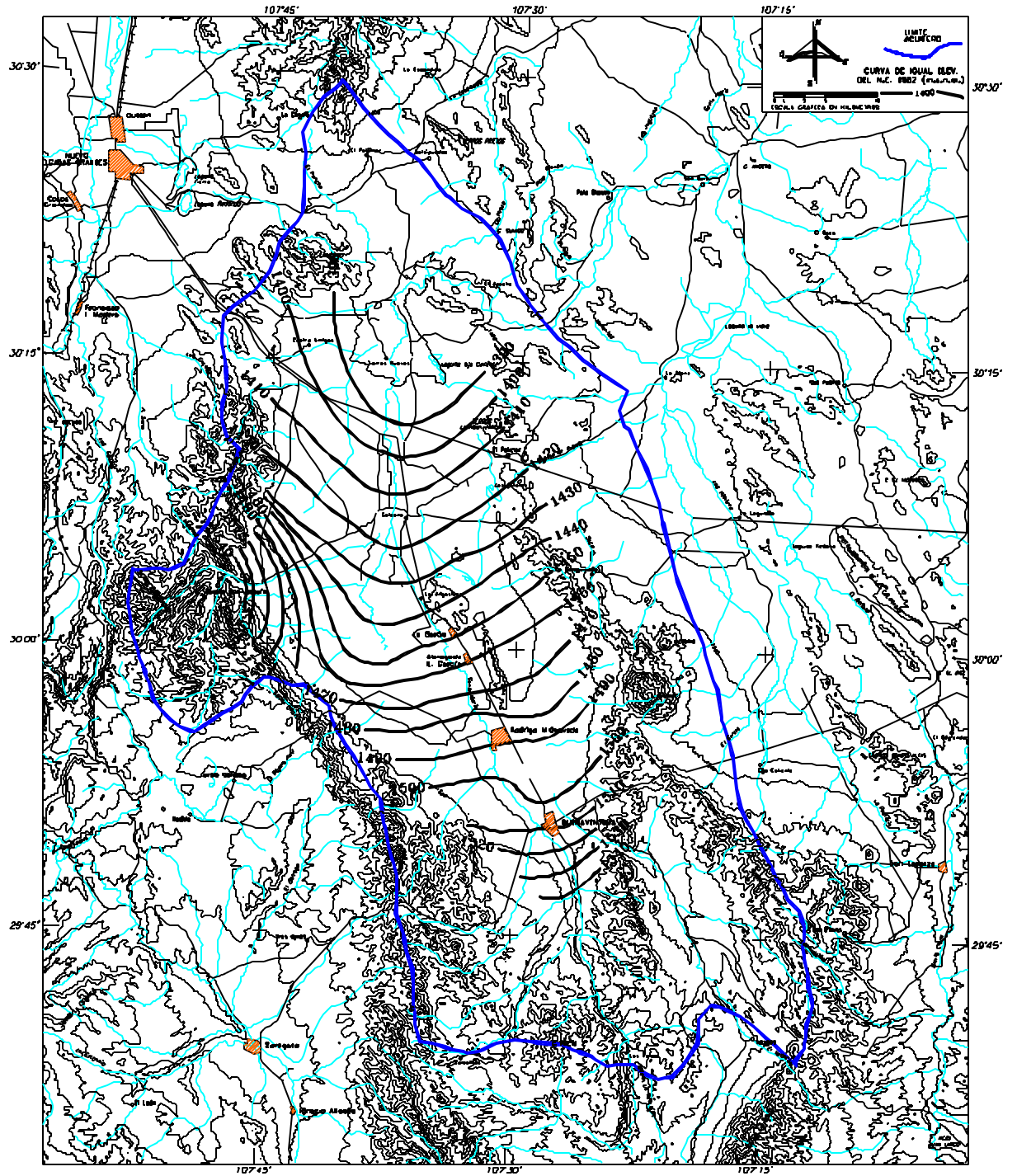


Figura 3 Elevación del nivel estático msnm, 1982

5.3.3 Evolución del nivel estático

Con base a la información piezométrica 1987-1996 ⁽²⁹⁾, 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 km²), se estima en 0.6 m/año ⁽³⁰⁾.

6 Censo de aprovechamientos e hidrometría

El número de aprovechamientos hidráulicos subterráneos son 222 ⁽³¹⁾, 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 Mm³/año, destinadas principalmente a la agricultura. Con base a la tabla No. 2 ⁽³²⁾, “Extracción de aguas subterráneas de acuerdo al tipo de uso”, RH-34 H 1/1, corresponden para uso agrícola 85.8 Mm³/año y para uso público urbano y doméstico 0.9 Mm³/año.

7 Balance de aguas subterráneas

El área del valle es del orden de 1 450 km², valor obtenido a partir de la configuración de elevación del nivel estático del año de 1982.

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

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de almacenamiento} \dots\dots\dots (1)$$

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 o de almacenamiento de una unidad hidrogeológica queda representada como sigue:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento} \dots\dots\dots (2) \\ \text{en la unidad hidrogeológica}$$

Más específicamente, para la zona de estudio la ecuación general queda como sigue:

²⁹ Op. Cit. estudio de actualización de 1999.

³⁰ Tabla de condiciones geohidrológicas en acuíferos, Subgerencia de evaluación y modelación hidrogeológica, Gerencia de Aguas Subterráneas, CNA, 1997.

³¹ Op. Cit. estudio de actualización 1999.

³² Caracterización geohidrológica del estado de Chihuahua, elaborado por la compañía PECTEN, S.A. de C.V., para la Gerencia de Aguas Subterráneas, CNA, 1994.

$$\begin{aligned} & [Eh + I_1 (\text{Volumen lluvia}) + I_2 (\text{ Uso público urbano}) + I_3 (\text{Usos agrícola + otros})] - \\ & \quad [\text{Sh} + Q_{\text{base}} + \text{Manantiales} + \text{Evapotranspiración} + \text{Extracción}] = \\ & \quad V_d S = \Delta A \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

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 Mm³/año, al considerar un área de 1 450 km², 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 Mm³/año), por un coeficiente de infiltración (I₂), de 0.20, resultando un volumen de recarga de 17.2 Mm³/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 Mm³/año, que por un coeficiente de 0.25, origina una recarga inducida adicional de 13.5 Mm³/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 (I₃) al volumen usado de 0.9 Mm³/año, resultando una recarga inducida de 0.2 Mm³/año.

7.1.3 Flujo horizontal

El cálculo de entradas por flujo horizontal (Eh), se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático del año 1982 (³³); 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:

$$Q = T * B * i \dots\dots\dots(4)$$

³³ “ Estudio geohidrológico cuantitativo de la zona Buenaventura estado de Chihuahua”, elaborado por la compañía Estudios y Construcciones ALAS, S.A. capítulo V, contrato GZA-81-59-GD, para la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subdirección de Geohidrología y zonas Áridas, 1981

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 Mm³/año.

7.2 Salidas

7.2.1 Evapotranspiración

En una porción del acuífero ubicada en la parte norte del acuífero, de aproximadamente 450 km² de extensión y con niveles estáticos someros menores de 10.0 m, ocurre un volumen de evapotranspiración del orden de 1.0 Mm³/año, al considerar una lámina de evaporación potencial de 2.2 m/año y por un coeficiente de 0.001 para la evaporación (³⁴).

7.2.2 Descargas naturales

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

7.2.3 Extracción de aguas subterráneas

El volumen extraído del acuífero a través del bombeo (B), para todos los usos resultó de 86.7 Mm³/año.

7.2.4 Flujo horizontal

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 (³⁵), los volúmenes de salida son del orden de Sh= 1.8 Mm³/año.

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 (³⁶), valor que aplicado al área de valle (1 450 km²), resulta un volumen drenado (Vd) de 870 Mm³/año, al que aplicado al coeficiente de almacenamiento de 0.02645, resulta un cambio de almacenamiento de -23.0 Mm³/año.

En forma resumida, el balance para el año de 1996, se presenta en la tabla 2, de acuerdo con la expresión (3).

³⁴ Manual para evaluar recursos hidráulicos subterráneos. Subdirección General de Administración del Agua, CNA, 1994

³⁵ Op. Cit estudio geohidrológico de 1981

³⁶ Tabla de condiciones geohidrológicas en acuíferos, Subgerencia de evaluación y modelación hidrogeológica, Gerencia de Aguas Subterráneas, CNA, 1997

Tabla 2 Balance de aguas subterráneas

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, ACUÍFERO BUENAVENTURA, CHIH.				1996	
Área total del acuífero			km ²	3,309	
RECARGA TOTAL					
Área de valle		I ₁	km ²	1,450	
Coeficiente				0.06	
Precipitación			mm/año	290.0	
Recarga natural por lluvia			Mm ³ /año	25.2	
Entradas horizontales			Eh	Mm ³ /año	10.4
Total de recarga natural				Mm³/año	35.6
Público Urbano		I ₂		0.20	
Recarga inducida P.U.			Mm ³ /año	0.2	
Agrícola más otros (agua subterránea)		I ₃		0.20	
Recarga inducida Agrícola + otros			Mm ³ /año	17.2	
Agrícola más otros (agua superficial 54 Mm ³ /año)		I ₃		0.25	
Recarga inducida Agrícola + otros				13.5	
RECARGA TOTAL				Mm³/año	66.5
DESCARGA TOTAL					
Salidas horizontales			Sh	Mm ³ /año	1.8
Caudal base			Q _{base}	Mm ³ /año	0.0
Evapotranspiración				Mm ³ /año	1.0
202	Extracción total			Mm ³ /año	86.7
				Mm ³ /año	
173	Agrícola			Mm ³ /año	85.8
29	Público urbano			Mm ³ /año	0.9
	Industrial			Mm ³ /año	0.0
	Otros			Mm ³ /año	0.0
DESCARGA TOTAL				Mm³/año	89.5
Cambio de almacenamiento			ΔA	Mm³/año	-23.0
Coeficiente de almacenamiento			S		0.02645
Volumen drenado (0.6 m/año)			Vd	Mm ³ /año	870
Area de abatimiento				km ²	1,450

8 Disponibilidad

La disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente (³⁷):

$$\begin{aligned} \text{Disponibilidad media anual} &= \text{Recarga total} - \text{Descarga natural} - \text{Volumen anual de} \\ \text{de agua subterránea en una} &\text{media anual} \text{ comprometida} \text{ extracción de agua} \\ \text{unidad hidrogeológica} &\text{ concesio-} \\ &\text{nado en el REPDA} \end{aligned} \quad \dots(5)$$

³⁷ NOM-011-CNA-2000, que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

8.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual (Rt) de acuerdo con el balance del inciso anterior resultó de 66.5 Mm³/año, de los cuales corresponden 35.6 Mm³/año como recarga natural y 30.9 Mm³/año como recarga inducida.

8.2 Descarga natural comprometida

La descarga natural comprometida se cuantifica mediante medición de los volúmenes de agua procedentes de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero, que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el caso del acuífero en estudio sólo existe un manantiales. Respecto al caudal base, éste no se presenta en la zona. Para este acuífero las salidas de agua subterránea que se tienen no se consideraron comprometidas hacia otras unidades hidrogeológicas.

8.3 Volumen anual de extracción de agua subterránea

De acuerdo a la información existente en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), el volumen concesionado de aguas subterráneas para este acuífero tiene un volumen de 130,018,449 m³/año, según datos al 30 de abril de 2002.

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas de acuerdo la expresión (5), resulta ser de -63'518,449 en m³/año.

$$- 63'518,449 = 66'500,000 - 0.0 - 130,018,449$$

La cifra indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones.