



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
RÍO MOCTEZUMA, ESTADO DE SONORA***

México, D.F., 30 de abril de 2002

DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO RÍO MOCTEZUMA, ESTADO DE SONORA

Contenido

1 Generalidades

- 1.1 Localización
 - 1.1.1 Coordenadas
 - 1.1.2 Municipios

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 Cuenca
 - 3.3.3 Subcuenca
- 3.4 Geomorfología

4 Geología

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

5 Hidrogeología

- 5.1 Tipo de acuífero

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 Bombeo
 - 7.2.4 Flujo subterráneo 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 e inscrito en el REPDA
- 8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

Índice de figuras

Figura 1	Localización del Acuífero Río Moctezuma, Son.
Figura 2	Plano del Acuífero Río Moctezuma, Son.

Índice de tablas

Tabla 1	Vértices de la poligonal del Acuífero Río Moctezuma, Son.
---------	---

DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO RÍO MOCTEZUMA, ESTADO DE SONORA

1 Generalidades

1.1 Localización

El Acuífero Río Moctezuma, se localiza en la porción centro oriental del Estado de Sonora y cubre una superficie de 6,391 km², que comprende cerca del 3.53% del total de la superficie del estado.

1.1.1 Coordenadas

Geográficamente, el área del acuífero está comprendida dentro de la poligonal cuyos vértices se enlistan a continuación:

Tabla 1. Vértices de la poligonal del Acuífero Río Moctezuma, Son.

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	110	6	7.2	30	1	33.6	
2	109	55	1.2	29	55	55.2	
3	109	49	44.4	29	56	20.4	
4	109	37	37.2	30	2	16.8	
5	109	35	52.8	30	1	12.0	
6	109	33	14.4	29	55	30.0	
7	109	28	37.2	29	51	50.4	
8	109	24	18.0	29	48	36.0	
9	109	24	28.8	29	44	13.2	
10	109	23	16.8	29	43	30.0	
11	109	21	50.4	29	40	44.4	
12	109	18	21.6	29	35	52.8	
13	109	19	40.8	29	33	0.0	
14	109	21	21.6	29	32	2.4	
15	109	21	14.4	29	29	49.2	
16	109	24	46.8	29	24	3.6	
17	109	24	25.2	29	22	8.4	
18	109	20	13.2	29	19	1.2	
19	109	18	57.6	29	15	46.8	
20	109	12	54.0	29	10	55.2	
21	109	14	49.2	29	10	8.4	
22	109	20	20.4	29	4	22.8	
23	109	30	28.8	29	2	9.6	
24	109	31	58.8	29	1	1.2	
25	109	32	49.2	28	59	20.4	

26	109	34	1.2	28	58	48.0	
27	109	34	58.8	28	58	48.0	
28	109	38	20.4	28	56	34.8	
29	109	42	7.2	28	57	54.0	
30	109	43	30.0	28	59	31.2	
31	109	44	56.4	29	1	15.6	
32	109	45	46.8	29	1	22.8	
33	109	46	19.2	29	0	21.6	
34	109	48	10.8	29	0	18.0	
35	109	50	42.0	29	0	46.8	
36	109	52	58.8	29	1	26.4	
37	109	51	10.8	29	7	48.0	
38	109	53	38.4	29	10	55.2	
39	109	54	25.2	29	15	39.6	
40	109	55	48.0	29	18	0.0	
41	109	59	9.6	29	22	37.2	
42	110	0	14.4	29	26	45.6	
43	109	59	38.4	29	33	25.2	
44	109	59	6.0	29	44	38.4	
45	109	59	49.2	29	49	8.4	
46	110	5	13.2	29	52	37.2	
47	110	7	1.2	29	59	24.0	
1	110	6	7.2	30	1	33.6	

1.1.2 Municipios

La zona estudiada está comprendida dentro de trece municipios, abarcando parcialmente algunos de ellos, y otros en su totalidad, las cabeceras municipales corresponden con: Bonamichi, Huépac, Bavácora, San Pedro de la Cueva, Sahuaripa, Aconchi y Tepache, Divisaderos, Granados, Huásabas, Moctzuma, Cumpas y Villa Hidalgo.

La zona en general se encuentra bien comunicada, la vía principal corresponde con la carretera pavimentada que comunica a esta zona con la capital del estado, atravesando a su paso diversas poblaciones del área, hasta comunicar con la ciudad de Hermosillo, a la altura del poblado de Macozahui se bifurca, una parte de ella conduce al poblado de Acunchi, mientras que la otra se continúa hasta el poblado de Moctezuma, pasando por Jécori y Cumpas. La región también cuenta con diversas terracerías que comunican a la Ciudad de Moctezuma con poblaciones aledañas.

Con respecto a la comunicación aérea, la zona cuenta con aeropistas locales en las poblaciones de Cumpas, Moctezuma y Huabadas.

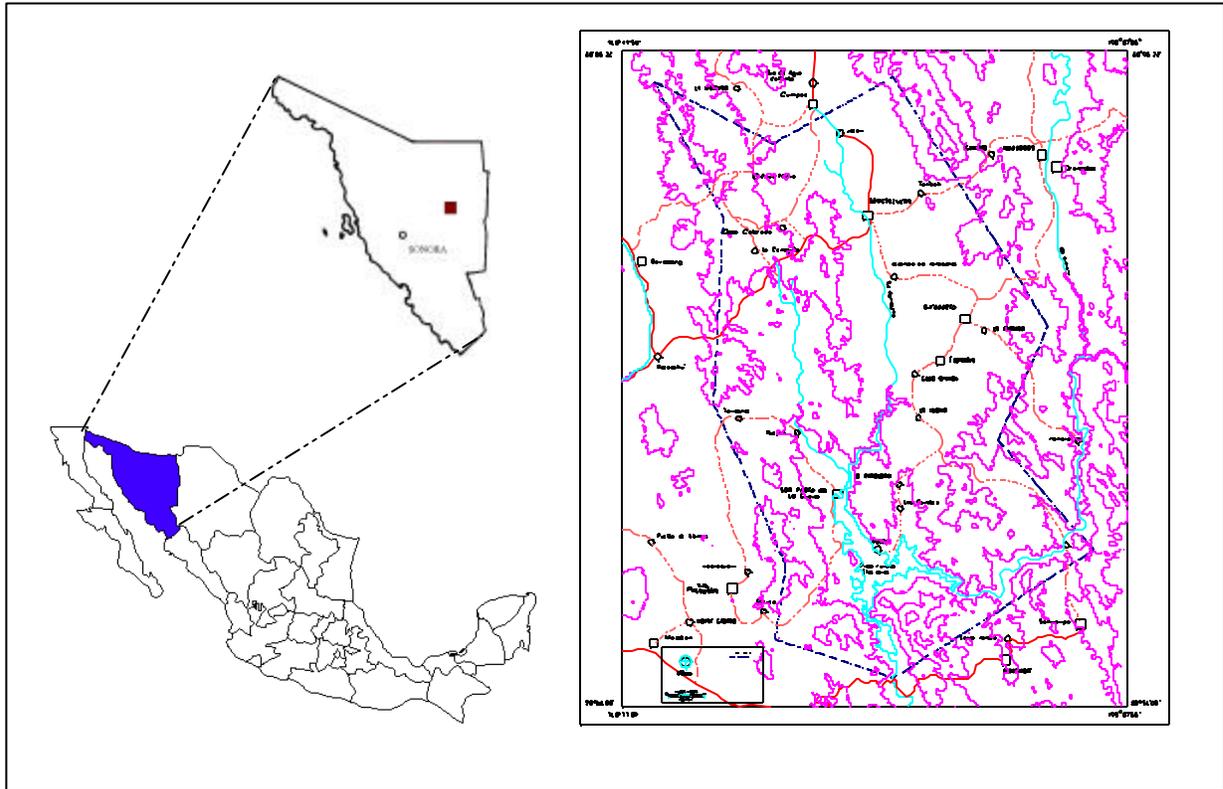


Figura 1. Localización del Acuífero Río Moctezuma, Son.

2 Estudios técnicos realizados con anterioridad

Se tienen los estudios realizados por: Gaines (1965), Solano Rico (1970), Marrs y Guilbert (1981), Bartolini y Herrera (1983), los cuales se enfocan en aspectos mineros y estratigráficos. En diciembre de 1985, Paz Moreno, del Departamento De Geología de la Universidad de Sonora, realiza la cartografía del Malpaís de Moctezuma, estableciendo su posición crono-estratigráfica tentativa, haciendo énfasis en su composición y origen, para poder asociarlo a un ambiente tectónico específico.

3 Fisiografía

3.1 Provincias fisiográficas

De acuerdo a la clasificación de las Provincias Fisiográficas realizada por Raisz (1964), la zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, más específicamente, dentro de la Subprovincia de Cordilleras Alargadas. La subprovincia está constituida por cordilleras con orientación N-S flanqueados por amplios valles intermontanos. Los límites entre los valles y las sierras son generalmente fallas normales con orientación N-S a NW-SE; fallamiento cuyo origen se atribuye a la Orogenia de Sierras y Valles (Basin and range), que se inició en el Mioceno Temprano.

3.2 Clima

Con base en los datos históricos de precipitación, temperatura y evaporación, de las estaciones climatológicas que cubren la zona de estudio, y con apoyo en la carta de climas, se observa que la región está caracterizada por tres subtipos de climas; Semiseco templado con lluvias en verano

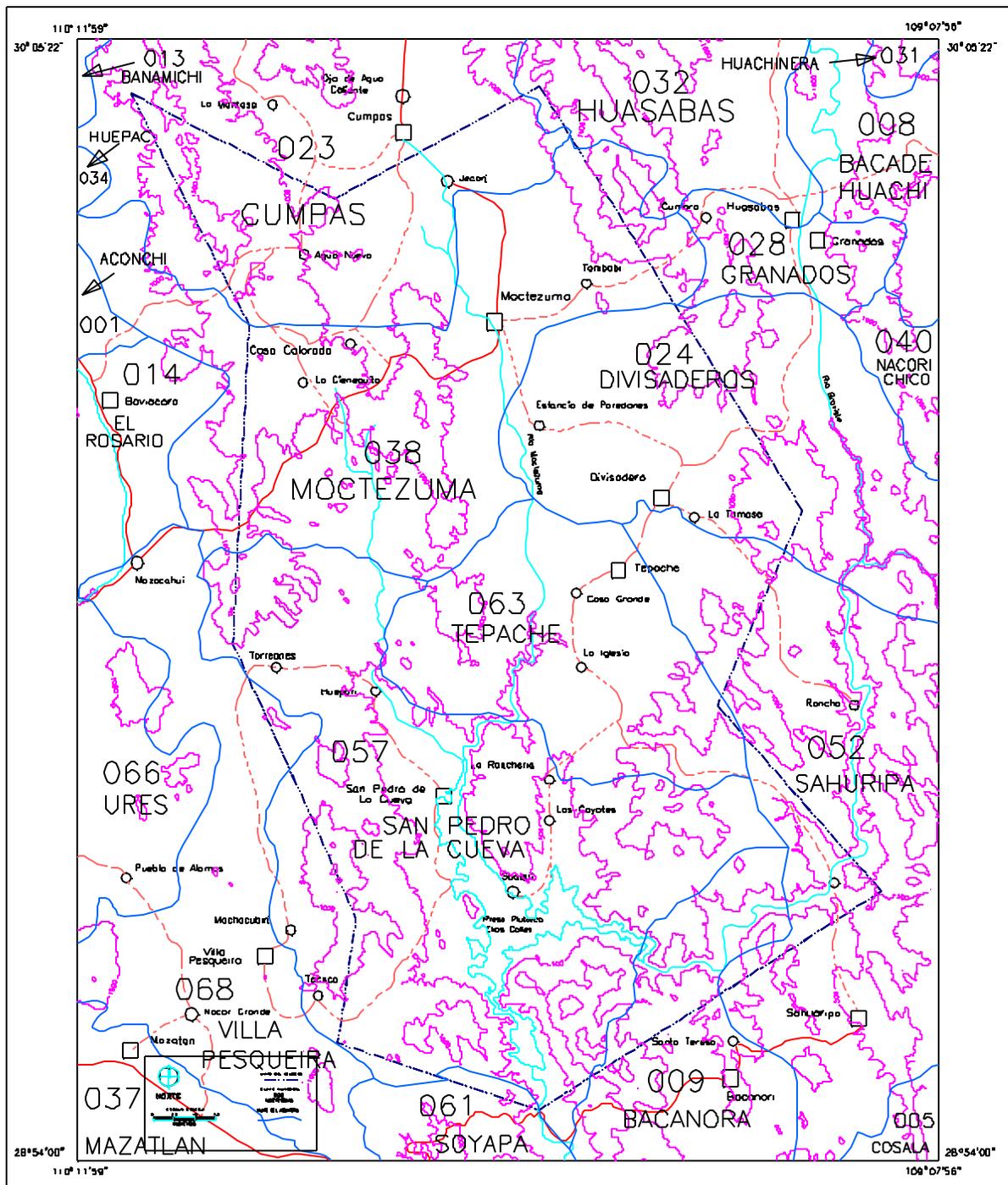


Figura 2. Plano del Acuífero Río Moctezuma, Son.

(BS₁Kw(x')), Semiseco semicálido con lluvias en verano BS₁hw(x') y Seco semicálido con lluvias en verano BS₀hw(x'), y un porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2 % de la precipitación total anual.

3.2.1 Temperatura media anual

La temperatura media anual es de 17.5° C; el período caluroso del año es de junio a septiembre, correspondiendo a enero ser el mes más frío.

3.2.2 Precipitación media anual

La precipitación promedio anual según el datos meteorológicos es de 450 mm.

3.2.3 Evaporación potencial media anual

La evaporación potencial media anual es del orden de 21.08 mm.

3.3 Hidrografía

El área corresponde a una cuenca que está limitada al noreste por la Sierra La Madera, al este por la Sierra Las Guijas, al sureste por la Sierra La Sebastiana, al noroeste por la Sierra El Bellotal y al oeste por la Sierra Las Palomas.

La hidrografía de la zona está gobernada principalmente por el Río Moctezuma, el cual tiene su origen en la Sierra Las Palomas, y tiene como afluente al Río Fronteras, el cual se une al Río Moctezuma en el extremo NE de la zona de estudio, su cauce corre en una dirección generalizada N-S, hasta llegar a ser captado por la Presa Plutarco Elías Calles, localizada fuera del límite meridional de la zona de estudio.

3.3.1 Región Hidrológica

El Acuífero Río Moctezuma pertenece a la Región Hidrológica No. 9 “Sonora Sur”.

3.3.2 Cuenca

El área en estudio esta localizada dentro de la Cuenca Río Yaqui.

3.3.3 Subcuenca

Esta comprendida dentro de la Subcuenca Río Moctezuma.

3.4 Geomorfología

La geomorfología del área es un reflejo de tres importantes fenómenos geológicos que son: eventos tectónicos, actividades ígneas y procesos erosivos. A continuación se describen las características geomorfológicas de las Provincias Fisiográficas.

La Provincia de la Sierra Madre Occidental teniendo como Subprovincia a Barrancas, debe su origen a actividad ígnea que ocurrió en el Oligoceno-Mioceno que sepulto rocas ígneas intrusivas y sedimentarias. El relieve que presenta actualmente se debe a empujes verticales más recientes, aunque localmente, la estructura geológica es un tanto compleja, pues grandes fallas y emplazamientos de rocas ígneas intrusivas han elevado al nivel de erosión a paquetes de rocas sedimentarias. Esta zona presenta gran cantidad de ríos y arroyos que fluyen hacia el suroeste que han dado origen a profundas barrancas.

La Provincia de Sierras y Valles Paralelos presenta una tectónica de bloques afallados que se encuentra en una etapa de madurez dentro de su ciclo geomorfológico. Algunas de estas montañas pueden estar formadas por rocas precámbricas metamorizadas, sedimentos carbonatados del Paleozoico o por grandes cuerpos intrusivos. La estructura interna de los bloques puede ser simple o compleja dependiendo de las deformaciones que tuvieron lugar antes de efectuarse los esfuerzos tensionales que originaron la disposición actual de la topografía en Sierras y Valles Paralelos.

Resumiendo la geomorfología que presenta esta provincia de Sierras y Valles Paralelos, es producto de grandes fallas de tensión que comenzaron a desarrollarse en el Plioceno y que actualmente todavía se encuentran activas. Estos fenómenos a su vez, originaron un sistema de valles y sierras alargadas dispuestos paralelamente.

4 Geología

El área de estudio encaja dentro de un modelo tectónico distensivo, caracterizado por la formación de altos y bajos estructurales, en donde el graben lo conformaría el valle de Moctezuma, que se encuentra relleno de sedimentos clásticos, así como por el producto de la escoria basáltica que conforma una zona de Malpaís; el horst quedaría representado por el conjunto de sierras que bordean el valle hacia sus lados este, sur y oeste.

4.1 Estratigrafía

La estratigrafía de la región esta conformada por una serie de rocas sedimentaras que presenta un rango de edad Paleozoico Superior-Cretácico Inferior, asimismo, se tienen afloramientos de rocas volcánicas Terciarias y Cuaternarias, que cubren a la secuencia sedimentaria y una secuencia granular reciente que cubre discordantemente a las unidades anteriores.

PALEOZOICO

El Paleozoico está representado por un potente cuerpo de calizas masivas parcialmente recristalizadas y reemplazadas por dolomita. Estas rocas carbonatadas contienen braquiópodos, corales, equinodermos y fragmentos de tallos de crinoides, fauna que es característica del Paleozoico Superior, particularmente del Mississípico.

La unidad paleozoica es la expresión morfológica de una gran falla de cabalgadura, que ha sido tectónicamente transportada en dirección noreste y por consiguiente en la actualidad se presenta como un alóctono superpuesto a la unidad del Cretácico Temprano.

CRETACICO INFERIOR

El Cretácico Inferior está representado por las Formaciones Palmar y Potrero Superior, las cuales consisten hacia su base con un desarrollo de cuerpos de lutitas negras laminares ffsiles, con ocasionales horizontes lenticulares de areniscas café amarillento, estas rocas, en los niveles superiores de la unidad, cambian transicionalmente a una serie de intercalaciones de horizontes de lutitas gris oscuro y delgados estratos de areniscas de grano grueso de color amarillento. Hacia la cima de la columna se presenta una secuencia de calizas de color gris claro, dispuestas en capas delgadas, presentan ocasionalmente estructura nodular y horizontes arcillosos.

El espesor estimado de esta secuencia sedimentaria fue de 850 m. y contiene a todo lo largo de la secuencia una gran variedad de invertebrados bien conservados.

TERCIARIO

Posteriormente al evento de deformación Laramídica, el cual plegó a la secuencia sedimentaria, se presenta en el área, un evento magmático que emplaza diques y mantos ígneos de composición intermedia, con textura fanerítica que afectan a los sedimentos fosilíferos y producen una limitada aureola de metamorfismo de contacto, estas rocas.

Los diques andesíticos se observan de un color gris oscuro a gris-verde oscuro en superficie fresca, su textura es porfídica con fenocristales de plagioclasa.

Los diques cuarzo-monzoníticos presentan una coloración rosácea en superficie fresca y café rosa en superficie intemperizada; el tamaño de sus cristales varía de fino a medio, siendo su textura fanerítica.

Las distintas composiciones que se tienen en estos diques son, quizá, debidas a los fenómenos de diferenciación magmática y a la cristalización fraccionada de un magma básico original, presente bajo la corteza en el Estado de Sonora.

Formación Báucarit. Esta unidad está constituida por brechas sedimentarias polimícticas, areniscas de grano grueso y limolitas que en conjunto se presentan bajo tonalidades amarillento rojizas y pobremente litificadas. Es frecuente observar intercalaciones de cuerpos lenticulares de basaltos de color oscuro y textura afanítica y de brechas volcánicas de composición basáltica. La paleosedimentación de la Formación Báucarit se efectuó en cuencas continentales originadas durante la fase distensiva post-orogénica.

CUATERNARIO

Basaltos Cuaternarios. La unidad litológica más reciente que aflora en el área está representada por coladas de basalto gris oscuro de textura afanítica a vesicular, que cubren áreas restringidas y estratigráficamente están superpuestas discordantemente sobre la secuencia sedimentaria mesozoica de la Formación Báucarit.

4.2 Geología estructural

La secuencia sedimentaria del Cretácico Temprano, se presenta como un monoclinal cuyas capas tienen una dirección N05°W, con un buzamiento al noreste con una intensidad que varía de 30° a 40°, esta tendencia estructural en ocasiones se ve afectada por fallamiento, que configura altos y bajos estructurales, en los cuales se llega a tener en contacto a la secuencia marina mesozoica con la Formación Báucarit del Terciario Superior.

La tectónica distensiva “Basin and Range” que produjo el levantamiento y basculamiento de bloques, asociados a fallas normales con rumbo N-S a NW-SE, es acompañado por un vulcanismo basáltico típico de toleítas continentales, posiblemente fue el causante del graven de Moctezuma. El alto estructural es sometido a una intensa erosión, aportando los depósitos clásticos arenosos, conglomeráticos y algunas arcillas, que descansan sobre los basaltos toleíticos.

Un régimen tectónico más joven caracterizado por movimientos distensivos, inició en el Plioceno Temprano y se encuentra actualmente en actividad, es probablemente el causante de la reactivación de las fallas antiguas de Basin and Range como la del Valle San Bernardino, Son. y aplicable a nuestra área de estudio, en donde a la falla normal ubicada al oriente del poblado de Moctezuma se considera que sirvió de conducto para que emanaran los flujos de escoria volcánica sobre los depósitos limo-arenosos, conformando la zona de Malpaís de Moctezuma.

4.3. Geología del subsuelo

La estructura del subsuelo de la zona de estudio, corresponde con una serie de pilares y fosas tectónicas, con respecto al Valle de Moctezuma, se estima que este forma parte de un graben, el cual se encuentra relleno de sedimentos clásticos de facies de abanicos aluviales y sistemas de canales fluviales, los cuales generaron una potente secuencia granular, que se encuentra cubierta por los flujos de escoria basáltica; estos materiales con buenos índices de permeabilidad le confieren al acuífero buenas expectativas en cuanto a su transmisividad.

5 Hidrogeología

5.1 Tipo de Acuífero

De acuerdo a la geología del subsuelo, la interpretación, hidrogeomorfológica, hidrología superficial y la interpretación de pruebas de bombeo, fue posible definir un sistema acuífero heterogéneo de tipo libre y los materiales en los cuales tiene lugar el movimiento del agua subterránea es medio granular y medio fracturado.

El medio granular está constituido por materiales areno-conglomeráticos con horizontes arcillosos, de la formación Báucarit, así mismo se tiene un potente relleno granular de materiales aluviales y fluviales, los cuales presentan buenas transmisividades.

Los derrames de basaltos, riolitas, ignimbritas corresponden al sistema fracturado del Terciario y Cuaternario, dichos depósitos debido al fracturamiento que presentan son buenos materiales de recarga.

Las elevaciones que limitan el valle constituyen un medio donde tiene lugar el movimiento del agua subterránea, por lo que no forman fronteras impermeables, ya que a través de ellas se establece la recarga a la zona en explotación; en algunas partes son medios a través de las cuales se establece la descarga.

La recarga natural del acuífero proviene de la precipitación pluvial que se realiza sobre toda el área de estudio, la cual se infiltra y alimenta por flujo subterráneo horizontal al acuífero, y la inducida fundamentalmente por retornos del riego.

6 Censo de aprovechamientos e hidrometría del bombeo

El censo de aprovechamientos hidráulicos subterráneos, reportado, reveló la existencia de 258 aprovechamientos activos. De estos aprovechamientos se extrae un total de 28 Mm³/año.

Del volumen extraído 24.4 Mm³/año (87.14%) es utilizado para fines agrícolas, 1.5 Mm³/año (5.3%) es para uso público urbano y doméstico, 2 Mm³/año (7.14%) para uso doméstico y el 0.1 (0.35%) para uso industrial.

7 Balance de aguas subterráneas

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

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

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, al cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, representada como sigue:

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

Más específicamente la ecuación queda como sigue:

$$[\text{Eh} + 1_1 (\text{Volumen lluvia}) + 1_2 (\text{Uso público urbano}) + 1_3 (\text{Usos agrícola + otros})] - \\ [\text{Sh} + \text{Q}_{\text{base}} + \text{Manantiales} + \text{Evapotranspiración} + \text{Extracción}] = \\ \text{V}_d \text{S} = \Delta \text{A} \text{(3)}$$

7.1 Entradas

La recarga total esta constituida por la recarga natural y la recarga incidental o inducida por la aplicación de agua en las actividades humanas, tanto de origen superficial como subterránea.

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 24 Mm³/año.

7.1.2 Recarga inducida

El volumen de agua que anualmente retorna al acuífero como consecuencia del riego que se realiza en el área resultó ser de 2 Mm³/año.

7.1.3 Flujo horizontal

De acuerdo a la geología y la piezometría existentes, se tienen entradas por flujos provenientes de acuíferos contiguos, el agua que fluye de las sierras y que entra al acuífero en forma horizontal por el pie de las mismas proviene de las precipitaciones ocurridas en las partes altas; en este sentido una parte del volumen de lluvia que recarga al acuífero se calculó como una entrada horizontal (Eh).

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 1997, y a 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:

$$Q = T * B * i \text{(4)}$$

Donde:

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

T = transmisividad;
 B = ancho de la celda;
 i = gradiente hidráulico

El gasto obtenido fue de 5.0 Mm³/año.

7.2 Salidas

7.2.1 Evapotranspiración

Las salidas por evapotranspiración se consideraron con un valor de 0.

7.2.2 Descargas naturales

En la zona no existen manantiales ni corriente con gastos base, ya que el acuífero se ubica en una cuenca cerrada.

7.2.3 Bombeo

El volumen extraído total del acuífero a través del bombeo, para todos los usos resultó de 28 Mm³/año. De este volumen, 24.4 Mm³/año son para uso agrícola, 1.5 para uso público urbano, 2 para uso doméstico y 0.1 Mm³/año para uso industrial.

7.2.4 Flujo subterráneo horizontal

En este acuífero de acuerdo a la piezometría, particularmente al plano de curvas de igual elevación del nivel estático, se concluye que el volumen que sale por flujo horizontal es de 3 Mm³/año.

7.3 Cambio de almacenamiento

Para el cálculo de este término se consideró la evolución piezométrica del acuífero con información del año 2000, con base en la configuración de curvas de igual evolución del nivel estático. Determinando un cambio de almacenamiento nulo o igual a cero.

En forma resumida el balance, para el año del 2000, se presenta en la tabla 2, de acuerdo con la expresión (3).

8 Disponibilidad

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

$$\begin{array}{l} \text{Disponibilidad media} \\ \text{anual de agua} \\ \text{subterránea en una} \\ \text{unidad hidrogeológica} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Recarga total} \\ \text{media anual} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Descarga natural} \\ \text{comprometida} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Volumen anual de} \\ \text{aguas subterráneas.....(5)} \\ \text{concesionado e} \\ \text{inscrito en el REPDA} \end{array}$$

8.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural, más la recarga inducida, que para este caso es de 31 Mm³/año.

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 de la zona en estudio la descarga natural comprometida se considera prácticamente nula.

8.3 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

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, al 30 de abril de 2002, es de 26,049,776 m³/año.

8.4 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la norma referida, 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, que de acuerdo con la expresión (5) resultó ser de 4,950,224 m³/año.

$$4,950,224 = 31,000,000 - 0.0 - 26,049,776$$

La cifra indica que existe un volumen disponible de 4,950,224 m³ anuales para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada Acuífero Río Moctezuma, Sonora.

México, D.F. 30 de abril de 2002.

BIBLIOGRAFÍA

Francisco A. Paz Moreno. Composición y Origen de los basaltos (Malpaís) Plio-Cuaternario de Moctezuma, Sonora, México. Boletín del Departamento de Geología de la UNI-SON. Vol. II. No. 1 y 2. 1995. pp. 9-14.

Claudio Bartolini, Saúl Herrera U. Estratigrafía y Estructura de la Región de Lampazos, Sonora, México. Boletín del Departamento de Geología de la UNI-SON. Vol.3. No. 2. 1986. pp. 13-22.

Atlas Nacional del Medio Físico. 1981. S.S.P.

Catálogo de Acuíferos de la República Mexicana, por Estado. Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Aguas Subterráneas. 2000.

Monografía Geológica-Minera del Estado de Sonora. Consejo de Recursos Minerales.1992.

Tabla 2. Balance de aguas subterráneas.

Área total del acuífero			km ²	6,391
RECARGA TOTAL				
Área del valle			km ²	1,800
Coeficiente				
Precipitación			Mm/año	450
Recarga natural por lluvia			Mm ³ /año	24
Entradas naturales			Mm ³ /año	5
Total de recarga natural			Mm ³ /año	29
Público Urbano				
Recarga inducida P.U.				
Agrícola más otros			Mm ³ /año	2
Recarga inducida Agrícola + otros				
RECARGA TOTAL			Mm ³ /año	31
DESCARGA TOTAL				
Salidas horizontales			Mm ³ /año	3
Caudal base				0
Evapotranspiración				0
Extracción total			Mm ³ /año	28
Manantiales comprometidos				0
Agrícola			Mm ³ /año	24.4
Público - urbano			Mm ³ /año	1.5
Doméstico			Mm ³ /año	2.0
Industrial				0.1
Otros				
DESCARGA TOTAL			Mm ³ /año	31
Cambio de almacenamiento				0
Coefficiente de almacenamiento				
Volumen drenado				
AGUA SUPERFICIAL				
Agrícola				
Público Urbano				
Industrial				