



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DE HUIMILPAN (2208), ESTADO
DE QUERÉTARO**

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes.....	2
1.1. Localización	2
1.2. Situación Administrativa del acuífero	4
2. FISIOGRAFÍA	5
2.1 Provincia fisiográfica	5
2.2 Clima	5
2.3 Hidrografía.....	5
2.4 Geomorfología.....	6
3. GEOLOGIA.....	6
3.1 Estratigrafía	6
4. HIDROGEOLOGIA	8
4.1 Piezometría.....	8
4.2 Comportamiento hidráulico	9
5. CENSO DE APROVECHAMIENTOS.....	11
6. BALANCE DE AGUA SUBTERRANEA.....	11
7. DISPONIBILIDAD	16
7.1 Recarga total media anual (R)	16
7.2 Descarga natural comprometida (DNC)	16
7.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)	17
7.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	17

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 Valle de Huimilpan, definido con la clave 2208 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, tiene una extensión de 211 km², se ubica en la porción suroccidental del estado, abarca parte de los municipios de Corregidora, Huimilpan y Pedro Escobedo (figura 1).

El acuífero Valle de Huimilpan cubre parcialmente los municipios de Corregidora, Huimilpan y Pedro Escobedo. Dentro de las principales poblaciones se encuentran La cabecera municipal, Sta. Teresa, San Rafael, Apapataro, El Milagro, Progreso entre otros. La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

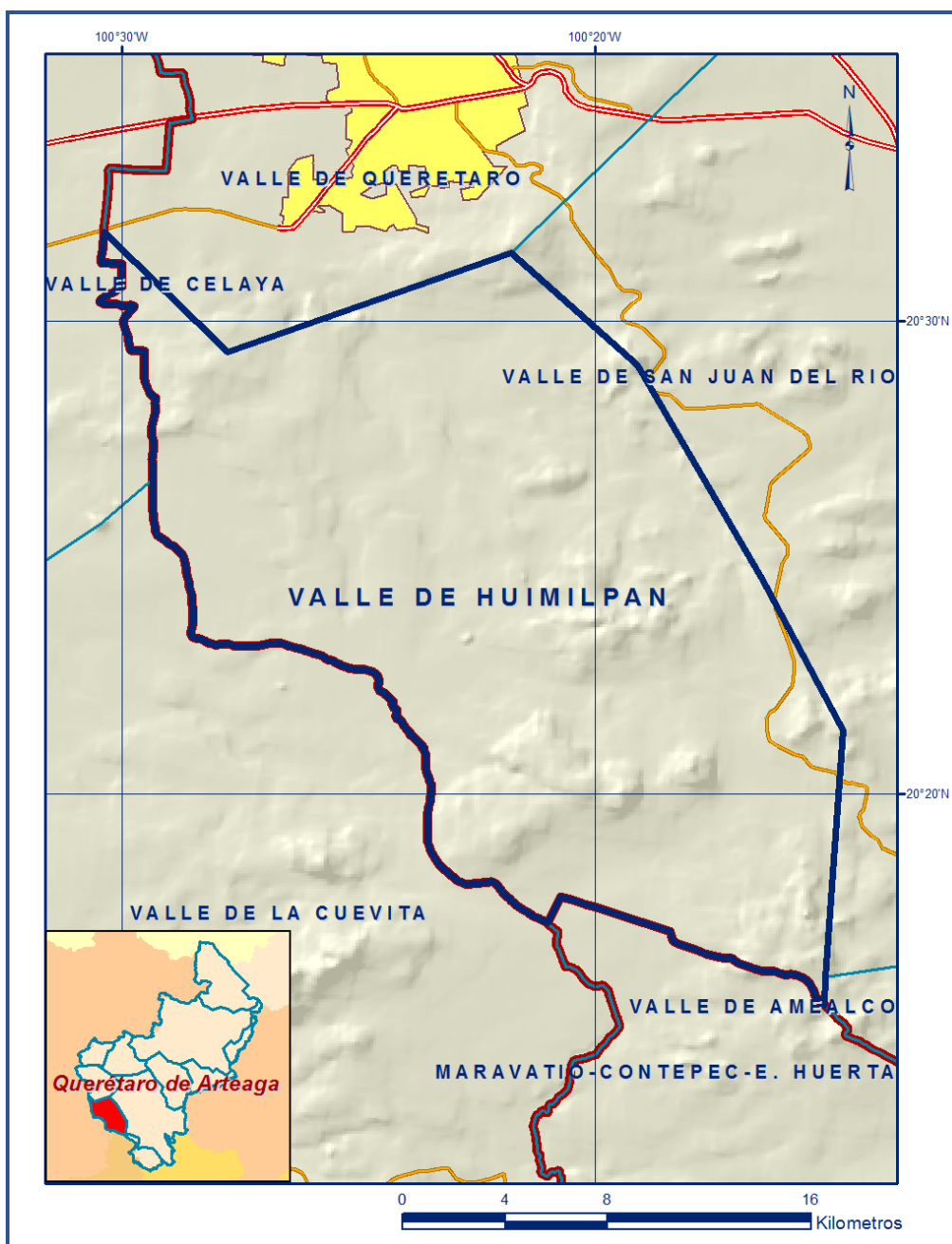


Figura 1. Localización del acuífero

La población ubicada dentro de la zona de estudio asciende a 8.517 habitantes, la mayoría de la población reside en pequeñas localidades no mayores de 2500 habitantes, su principal actividad es la agricultura y emigran hacia la ciudad capital a trabajar en la construcción.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUÍFERO 2208 VALLE DE HUIMILPAN							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	100	27	45.0	20	29	20.0	
2	100	21	45.0	20	31	27.0	
3	100	19	6.4	20	29	3.9	
4	100	16	28.2	20	24	31.5	
5	100	14	45.1	20	21	20.7	
6	100	15	8.0	20	16	7.2	
7	100	15	9.2	20	15	31.8	DEL 7 AL 8 POR EL LIMITE ESTATAL
8	100	21	0.0	20	17	16.1	DEL 8 AL 9 POR EL LIMITE ESTATAL
9	100	29	21.1	20	26	40.0	DEL 9 AL 10 POR EL LIMITE ESTATAL
10	100	30	23.0	20	31	52.4	
1	100	27	45.0	20	29	20.0	

1.2. Situación Administrativa del acuífero

Actualmente se tienen vedas para el aprovechamiento de agua del subsuelo desde el año de 1957 mediante Decreto oficial publicado en el Diario Oficial de la Federación: de fecha 13 de noviembre de 1957, 17 de marzo de 1964. 24 de septiembre de 1964 y 30 de diciembre de 1957 que señalan que por causa de interés público y para protección de los mantos acuíferos se establece veda por tiempo indefinido, dentro de los municipios de Querétaro, Corregidora y parcialmente el municipio de Huimilpan.

Respecto a los decretos de reserva o reglamento no existe antecedente de alguna publicación en el Diario Oficial de la Federación, existiendo únicamente a nivel de propuesta y mediante el Comité Técnico de Agua Subterránea (COTAS) del acuífero Valle de Huimilpan. Con relación a las zonas de disponibilidad de acuerdo a la Ley Federal de Derechos, el municipio de Huimilpan se ubica en la zona de disponibilidad 5.

2. FISIOGRAFÍA

2.1 Provincia fisiográfica

El acuífero Valle de Huimilpan se emplaza dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico según clasificación de E: Raíz 1964 en su porción septentrional; el valle de Huimilpan es el producto de una serie de acontecimientos naturales que tuvo lugar desde fines del Cretácico hasta principios del Terciario, entre los que destaca la Revolución Laramide, que originó la dislocación y plegamiento de las rocas sedimentarias marinas, dando lugar a la formación de sierras y fallas

2.2 Clima

El clima de acuerdo con los criterios de Köppen modificados por Enriqueta García, se clasifica en general como semiseco, semicálido, con lluvia en verano y con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5, la precipitación media anual en el valle es del orden 650 mm datos de la estación climatológica de Querétaro, la temperatura media anual es del orden de 17° C.

La evaporación potencial media anual en el valle es del orden de 2,000 a 2,050 mm, valores que sobrepasan por mucho a la precipitación pluvial, razón por lo que se considera al clima como semiseco.

2.3 Hidrografía

El valle de Huimilpan pertenece a la Región Hidrológica N° 12 Cuenca del Río Lerma. La corriente superficial más importante es el río Pueblito y sus afluentes principales lo constituyen un sin número de arroyos del tipo intermitente. El río Pueblito nace en la porción sur del estado, adopta un rumbo SE-NW que modifica al norte al entrar al valle de Querétaro el cual cambia su nombre por el del Río Querétaro para finalmente aportar al río La Laja.

En la sierra del sur se generan los escurrimientos del río Huimilpan, que con dirección noroeste cruza el valle de Huimilpan, donde tuerce al noroeste y cambia de nombre por el del Río Querétaro.

2.4 Geomorfología

El área de estudio se puede dividir en dos zonas morfológicamente:

Zona de Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo abarca toda la zona de estudio y se puede subdividir en:

- a) Zonas de Llanuras. Comprende los valles de Querétaro, Amazcala y San Juan del Río.
- b) Zona de Sierras. Son de forma alargada en dirección norte-sur desde El Zamorano hasta el poblado de Huimilpan constituyendo sierras de laderas tendidas en lomeríos.

Una pequeña parte al noroeste de Huimilpan, corresponde a la subprovincia de mil cumbres, compuesta por sierras de laderas abruptas.

Las principales elevaciones dentro del área corresponden al cerro Grande, cerro de Cimatario y San Pedro

Una pequeña parte, al noroeste de Huimilpan, corresponde a la subprovincia de Mil Cumbres, compuesta por sierras de laderas abruptas, esta zona queda fuera del área de estudio.

El valle de Huimilpan corresponde a un pequeño valle de forma rectangular en dirección noroeste-sureste, relleno de sedimentos aluviales con rocas volcánicas como son: ignimbritas, andesitas, basaltos y tobas asociadas.

3. GEOLOGIA

3.1 Estratigrafía

El acuífero Valle de Huimilpan lo conforman en sus partes altas solo rocas volcánicas como ignimbritas, andesitas, basaltos y tobas asociadas, y en las partes bajas del valle se ubican materiales de relleno del tamaño de las gravas y arenas (Figura 2).

Las características de cada unidad se describen a continuación, haciéndolo desde la más antigua a la reciente.

Terciario Andesítico

Corresponde a emisiones volcánica de textura porfídica y matriz microcristalina las coloraciones van de gris rojizo a gris rosado, esta unidad se presenta muy fracturada

en todas direcciones densa y masiva. Presenta fuertes alteraciones de tipo supergénico, además de muy fuertes alteraciones por procesos hidrotermales con reemplazamientos

Terciario Basalto Lajeado

Esta unidad aflora en diferentes lugares y de diversas dimensiones por toda el área de estudio se trata de un basalto negro de textura afanítica, y pilotaxítica, porfídica, microlítica con planos de fracturamiento algunas veces oxidados con tonalidades cafés, presenta peculiarmente un fracturamiento secundario por efectos de descompresión tensional, produciendo un lajeamiento en diferentes direcciones.

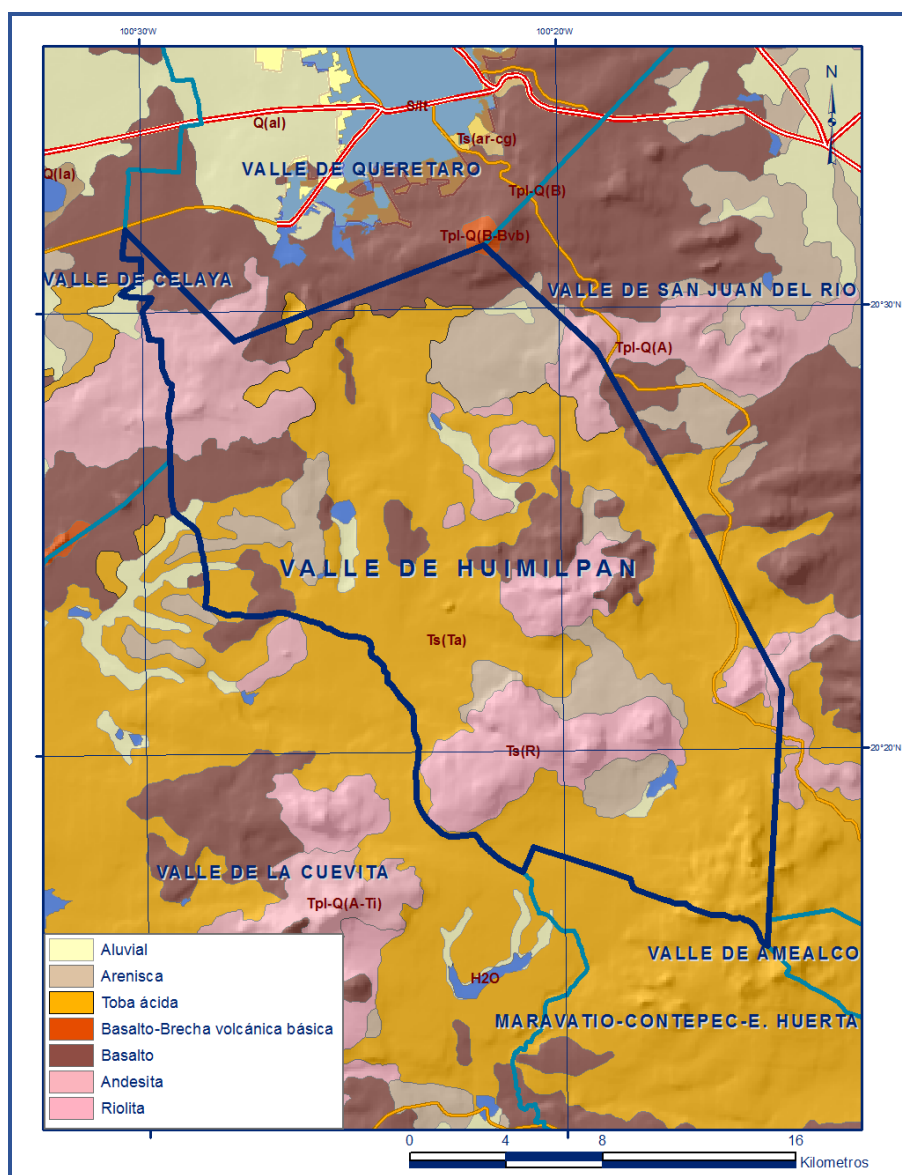


Figura 2. Geología general del acuífero

Tobas Brechoides

Esta unidad aflora en pequeñas exposiciones casi circulares, algunas han sido descubiertas para su explotación como canteras de roca ornamental cubiertas por una capa de suelo. Sus capas horizontales de 2 a 5 metros de espesor esta constituida por fragmentos angulosos de basalto gris negro poroso y/o vesicular de diferentes tamaños, en una matriz tobácea arenosa café pardo de textura compacta, de aspecto terroso en algunos casos

Tobas Vitrocristalinas

Esta unidad sobresale a lo largo del arroyo el Pueblito y el Batan, esta constituida por una especie de meseta de suelo rocoso prácticamente horizontal; cortada, erosionada y desaparecida por procesos de denudación. El fracturamiento en sistemas ortogonales le da una apariencia de losas en bien acomodadas en superficie con coloración gris, rosada, anaranjada y café, de textura tobácea y piroclástica, compacta pero con diversos grados de densidad, dependiendo del contenido vítreo.

Tobas limo arenosas

Superyaciendo a la unidad anterior se encuentran los depósitos tobáceos propiamente dichos, constituidos por limos arenosos café claro a oscuro, amarillentos en estratos horizontales de diferentes espesores, que forman grandes planicies fácilmente erosionables. Su potencia es mucho mayor en la parte oriental que hacia la parte sur en donde alcanza de uno a tres metros de espesor.

4. HIDROGEOLOGIA

Dentro del acuífero Valle de Huimilpan en su zona comprendida en el valle se han realizado actividades de exploración geofísica consistente en la ejecución de sondeos eléctricos verticales tipo Schlumberger, distribuidos a lo largo y ancho del valle, trabajos realizados por varias empresas en diferentes años cuyos resultados apoyados en cortes litológicos de pozos construidos en el valle sirvieron para definir el modelo conceptual del acuífero.

4.1 Piezometría

Con el propósito de conocer la posición y la evolución que presentan los niveles del Agua Subterránea a partir del año de 1994 a la fecha se han realizado dos recorridos

de medición de niveles; la primera se efectúa en los meses de mayo-junio y la segunda en los meses de noviembre - diciembre.

Estos recorridos se están efectuando con apoyo del Gobierno del Estado a través del Organismo operador de Agua Potable (CEA), a continuación se dan los resultados actuales de dichos recorridos.

4.2 Comportamiento hidráulico

La profundidad del nivel estático en la zona plana del valle es de 60 a 90 metros. Localmente las máximas profundidades se encuentran en el poblado de San Rafael.

Las líneas equipotenciales nos muestran una importante zona de recarga para el acuífero Valle de Huimilpan proveniente de las partes altas de la sierra, su dirección de flujo es casi SE-NW hasta el poblado de la Soledad. También en esta zona se puede observar la tendencia de diferentes flujos hacia un cono de abatimiento que se forma en el poblado de El Milagro.

La evolución anual del nivel estático en promedio es de 1 a 2 m, atribuida ésta, a la operación de un número de pozos cada vez mayor. En la zona del poblado El Milagro se presentan abatimientos de -2.5 m.

4.3 Hidrogeoquímica y calidad del agua

La interpretación hidrogeoquímica se basa en el análisis de las diversas representaciones gráficas de los análisis químicos: las curvas de isovalores de las distintas concentraciones o relaciones iónicas, así como los diferentes diagramas comparativos entre los más usados son: Shoeller, Willcox y Piper.

Estos diagramas se utilizan para la clasificación del agua conforme a su relación iónica, la cual permite la identificación de las posibles fuentes acuíferas, así como para delimitar zonas atendiendo a la calidad del agua

La calidad y tipo de compuestos en solución va a depender tanto de la composición química de las rocas como de algunas propiedades físicas del acuífero. La cantidad de elementos disueltos en el agua será tanto mayor cuanto más permanezca y avance su recorrido (circulación regional), ya que tendrá más tiempo de contacto con los minerales solubles de las rocas por las cuales circula.

En la actualidad la mayoría de los cuerpos de agua superficial se encuentran contaminados ya sea en mayor o menor, dependiendo de la cercanía con las fuentes emisoras de los contaminantes el río Pueblito, localizado en el centro del valle y que atraviesa varias localidades no está exento de este fundamento ya que su lecho alberga descargas municipales y pecuarias principalmente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el periodo nov-dic de 1986 del proyecto “Estudio Hidrogeoquímico en Diversos Valles del Estado de Querétaro” elaborado por la extinta Residencia de Control de Sistema Hidrológicos, Unidad de Aguas Subterráneas, se realizó el análisis físico- químico con el fin de evaluar la calidad del agua subterránea para lo cual se hicieron un muestreo 7 pozos pilotos.

El método para clasificar el agua de acuerdo a su composición química, lo constituyen los diagramas triangulares. Dichos diagramas se forman graficando en un triángulo equilátero los cationes (+) y en otro triángulo similar los aniones (-). Para tal efecto, se toman los resultados obtenidos en porcentaje de miliequivalente/litro. De esta forma, se deduce gráficamente cual es el catión o anión predominante para cada muestra.

Se puede definir como familia de agua, a la composición química que esta presenta, dicha composición se obtiene mediante los diagramas triangulares. En el plano se muestra la familia de agua que se presenta en los diferentes valles del Estado donde fue factible el muestreo. Esta delimitación fue en base a los resultados obtenidos del análisis químico.

Chase Palmer dio a conocer un método geoquímico de clasificación de aguas, basado en las propiedades químicas que las aguas subterráneas van adquiriendo al circular por diferentes medios geológicos.

Este método consiste en el cálculo del índice geoquímico, mediante el balance iónico de cationes y aniones. El índice geoquímico, la determinación de litio y sílice, son los parámetros que nos indican el origen, edad y dirección de flujo del agua subterránea.

Se compararon los resultados obtenidos de los análisis con las normas de calidad que exige la Secretaría de Salubridad, resultando un agua de buena calidad para uso doméstico.

Como resultado de la clasificación agrológica de Wilcox, que clasifica el agua según el grado de salinidad y el contenido de sodio, se concluye que el agua pertenece a la clase C2-S1, que corresponde a agua de buena calidad.

Con base a los puntos anteriores, se concluye que el agua del valle de Huimilpan, es en general de buena calidad para consumo humano, excelente para el abrevadero y apropiada para riego agrícola

5. CENSO DE APROVECHAMIENTOS

La actualización del censo de aprovechamientos se ha venido realizando a partir del año de 1991 a la fecha a través de Gobierno del Estado y la Comisión Nacional del Agua, en esta actualización se tiene registrados todos los aprovechamientos activos, su clasificación de acuerdo al uso, se cuenta con una red de pozos pilotos, además se lleva la hidrometría subterránea para conocer los volúmenes de extracción y la situación que guardan los pozos.

En este valle se tienen censados 87 aprovechamientos activos, de los cuales 67 corresponden al uso agrícola, abrevadero 11 y 9 pozos se utilizan para uso público-urbano.

6. BALANCE DE AGUA SUBTERRANEA

Se realizó la actualización del balance volumétrico de aguas subterráneas, con el propósito de evaluar las condiciones de funcionamiento del Valle de Huimilpan.

A la fecha en esta zona se han localizado nuevas reposiciones de pozos, las cuales se han integrado al funcionamiento del acuífero, de tal forma que se cuenta con una historial de censo de aprovechamientos, hidrometría, piezometría y pruebas de bombeo.

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga) y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero en el periodo de tiempo establecido. La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

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

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:

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

La ecuación anterior expresa la diferencia entre los volúmenes de recarga y descarga para un sistema acuífero y equivale al cambio en el volumen de almacenamiento para un periodo de tiempo determinado.

A continuación se hace una descripción de los términos que involucran a las entradas totales al sistema, se expresan por la siguiente formula:

$$E = E_s + R_{rp} + R_{rs} + R_v$$

Donde: E_s = entradas subterráneas

R_{rp} = retornos riego por bombeo

R_{rs} = retorno riego agua superficial

R_v = Recarga vertical

Los términos que involucran a las salidas totales del sistema, se expresan por la siguiente formula:

$$S = B + S_s$$

Donde: B = extracción por bombeo de pozos

S_s = salidas subterráneas

Almacenamiento del sistema

$$\Delta V * S$$

$\pm \Delta V$ = cambio de almacenamiento

$\pm S$ = coeficiente de almacenamiento

De esta forma involucrando todos los términos mencionados anteriormente en la ecuación general de balance se tiene:

$$(Es + Rv + Rrp + Rrs) - (B + Ss) = \pm DV * s$$

En la ecuación anterior el coeficiente de almacenamiento es un dato obtenido en el estudio de 1996 realizado por Guysa S.A.

Entradas y salidas subterráneas

Para el cálculo de las entradas subterráneas horizontales del sistema se utilizó la configuración de elevación del nivel estático correspondientes a diciembre de 1995 1996.

De esta forma se ubicaron las direcciones preferenciales de flujo subterráneo y los gradientes entre las curvas equipotenciales. Se obtuvieron a través de pruebas de bombeo los valores de transmisividad en pozos cercanos a los canales con el fin de poder aplicar la ecuación de Darcy para el cálculo de los volúmenes de agua a través de estos canales.

Retornos de riego por pozo:

En vista que el 88% del volumen de extracción de agua subterránea se utiliza para riego agrícola en el valle, se hizo el cálculo de los retornos por riego utilizando la metodología propuesta en el estudio geohidrológico de 1995 elaborado por la empresa Guysa S.A.

El Distrito de Desarrollo Rural 122 perteneciente al distrito de Querétaro proporcionó a esta compañía una tabla con valores de lámina neta, lámina bruta y uso consuntivo para diversos tipos de cultivos en la zona, además de las superficies totales destinadas para el riego en su ciclo agrícola correspondientes a 1995 y el cual fue transferido para el periodo de 1996.

Los volúmenes de retorno se calcularon a partir de la lámina neta menos el uso consuntivo, multiplicada a su vez por el área de riego de esta forma se obtuvo un volumen de retorno para el periodo de enero a diciembre en todo el valle de Huimilpan.

Retornos por riego de agua superficial

Se calculó el uso consuntivo para cada tipo de planta y extrapolando por el área regada se obtuvo una lámina de uso consuntivo, finalmente se obtiene la diferencia entre la lámina bruta y el uso consuntivo obteniendo con esto un volumen susceptible de infiltrarse.

Extracción por bombeo

El volumen de extracción por bombeo se toma de la hidrometría subterránea correspondiente a los estudios sobre Actualización Geohidrológica de los Acuíferos del estado de Querétaro de 1994 a 1996 realizado por la empresa GUYSA por considerar que cubren la totalidad del valle.

Volúmenes de extracción por bombeo en la zona de balance para 1996

Uso	Volumen (hm ³)
Agrícola	19.7
Abrevadero	0.3
Público-Urbano	2.3
TOTAL	22.3

Cambio de Almacenamiento

Para el cálculo del cambio de almacenamiento se utilizó la configuración de la evolución del nivel estático para el periodo diciembre de 1995 a diciembre de 1996.

El valor del coeficiente de almacenamiento considerado para la ecuación de balance, es el mismo que se usó en el estudio de 1995 por Guysa S. A. su valor es de 0.078.

Solución de la ecuación de balance

Una vez definidos los términos de la ecuación se procedió a dar solución a la ecuación de balance considerando que esta se aplica para el periodo de diciembre de 1995 a diciembre de 1996 con un tiempo de duración de un año.

Si aplicamos la solución de balance para el año de 1996, se tiene:

$$\begin{aligned} E_s &= 2.7 \text{ hm}^3 \\ S_s &= 2.0 \text{ hm}^3 \\ R_r &= 3.5 \text{ hm}^3 \\ B &= 22.3 \text{ hm}^3 \\ R_v &= 13.8 \text{ hm}^3 \\ A &= 75.0 \text{ hm}^2 \end{aligned}$$

De esta forma el valor de entradas y salidas del sistema es igual a:

$$\begin{aligned} & E_s + R_r + R_v \\ E &= 20.0 \text{ hm}^3 \text{ en el periodo} \\ S &= B + S_s \\ S &= 24.3 \text{ hm}^3 \text{ en el periodo} \end{aligned}$$

Los resultados anteriores indican que existe un déficit de -4.3 hm^3 entre la recarga y descarga total del acuífero lo que equivale al 17% de la recarga total y esto representa un abatimiento de 0.84 m al año.

7. 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:

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

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

7.1 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 **20.0 hm³/año**.

7.2 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 este caso, su valor es de **2.0 hm³ anuales** que corresponde a la salida subterránea. **DNC = 2.0 hm³ anuales**.

7.3 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 **21,914,780 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **20 de febrero del 2020**.

7.4 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= \text{R} - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 20.0 - 2.0 - 21.914780 \\ \text{DMA} &= -3.914780 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de **3,914,780 m³ anuales** que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.