



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Capítulo 3

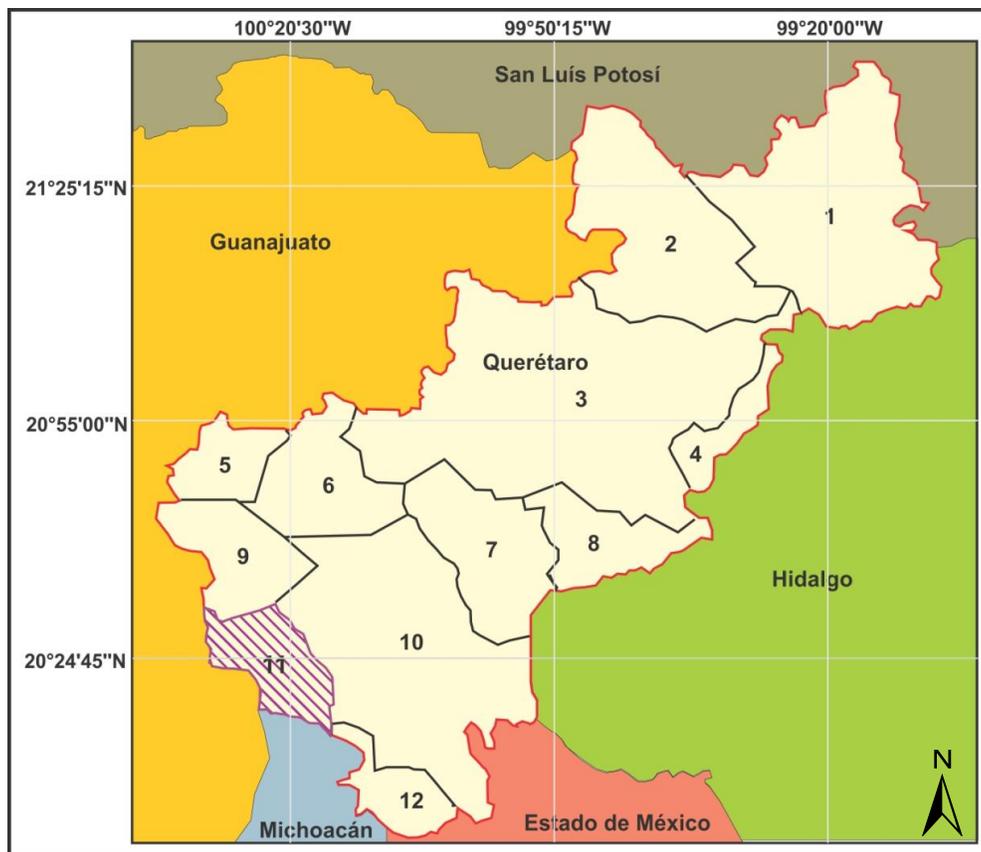
Entorno Geológico e Hidroológico del Acuífero

- III.1 Localización geográfica
- III.2 Geología
- III.3 Unidades hidrogeológicas
- III.4 Hidrología superficial
- III.5 Hidrología subterránea

III.1 Localización geográfica

El acuífero Valle de Huimilpan cuenta con una extensión de 435 km² y se ubica en la porción sur occidental del estado de Querétaro abarcando parte de los municipios de Corregidora, Huimilpan, Pedro Escobedo y Amealco de Bonfil (Figura 3.1)

Limita al norte con el Acuífero Valle de Querétaro, al este con el acuífero Valle de San Juan del Río, al sur con el acuífero Valle de Amealco y el acuífero Maravatio - Contepec - Epitacio Huerta del estado de Michoacán y al oeste con los acuíferos Valle de la Cueva y Valle de Celaya del estado de Guanajuato.



Acuíferos

- | | | | |
|---|--------------------------|-----------|---------------------------|
| 1 | Huasteca Potosina | 7 | Valle de Tequisquiapan |
| 2 | Tampaón – Zona de Sierra | 8 | Valle de Cadereyta |
| 3 | Tolimán | 9 | Valle de Querétaro |
| 4 | Moctezuma | 10 | Valle de San Juan del Río |
| 5 | Valle de Buenavista | 11 | Valle de Huimilpan |
| 6 | Valle de Amazcala | 12 | Valle de Amealco |

Figura 3.1 Ubicación del acuífero Valle de Huimilpan.

En la tabla 3.1 se presentan los vértices que definen la poligonal del límite administrativo (DOF, 2009):

Vértice	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 límite estatal
8	100	21	0.0	20	17	16.1	Del 8 al 9 por el límite estatal
9	100	29	21.1	20	26	40.0	Del 9 al 10 por el límite estatal
10	100	30	23.0	20	31	52.4	
1	100	27	45.0	20	29	20.0	

Tabla 3.1 Límite administrativo del acuífero Valle de Huimilpan.

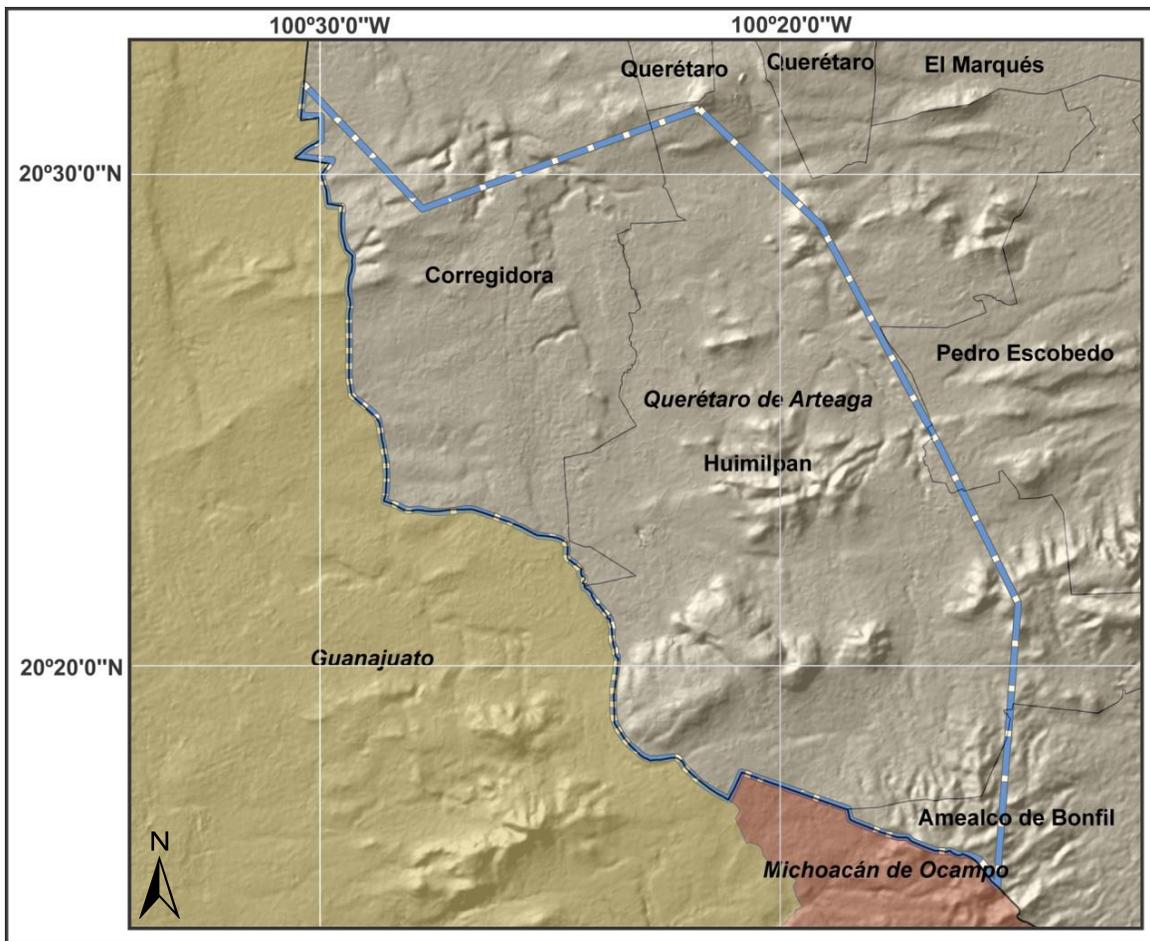


Figura 3.2 Límite administrativo del acuífero Valle de Huimilpan.

III.2 Geología

III.2.1 Fisiografía

De acuerdo con la cartografía fisiográfica del INEGI, el estado de Querétaro presenta porciones de tres Provincias Fisiográficas de México:

- Sierra Madre Oriental: Conformada por sierras plegadas de rocas sedimentarias marinas. Su relieve es abrupto y se encuentran en ella multitud de grutas y dolinas provocadas por el desplome de techos de cavernas.
- Mesa del Centro: En el Estado de Querétaro está representada por la Sierra de El Zamorano, siendo la montaña más alta de Querétaro. Esta provincia se originó por erupciones volcánicas en el mismo periodo que se formó la Sierra Madre Occidental.
- Faja Volcánica Transmexicana (FVTM): Se presentan numerosos volcanes y mesetas de rocas volcánicas relativamente recientes, así como llanuras y fosas limitadas por fallas rellenas con depósitos lacustres y aluviales, también es conocida como Eje Neovolcánico.

El Valle de Huimilpan se localiza en la porción centro-este de la provincia Fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana (Figura 3.3), la cual se caracteriza por una planicie elevada delimitada hacia la porción norte por elevaciones topográficas, mientras que hacia el sur se encuentra la subprovincia de Llanuras y Sierras de Querétaro.

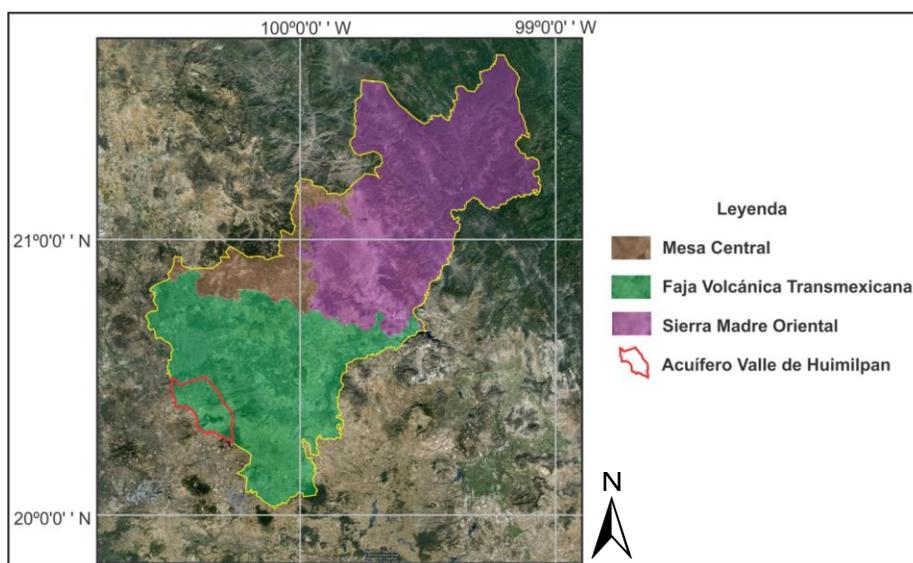


Figura 3.3 Ubicación Fisiográfica del acuífero Valle de Huimilpan.

III.2.2 Geomorfología

Geomorfológicamente en la zona de estudio se delimitan tres regiones principales dentro del Valle de Huimilpan y sus alrededores, los cuales se describen a continuación:

1. La Sierra de Huimilpan está conformada por estructuras con una elevación promedio de 2,600 msnm, con laderas de pendientes de moderadas a escarpadas, que en ocasiones forman lomeríos.
2. El Valle de Huimilpan con una elevación promedio de 1,950 msnm y una superficie de alrededor de 130 km².
3. Mesetas del centro y oriente producto de la acumulación de materiales piroclásticos, con una elevación ponderada de 2,090 msnm.

III.2.3 Marco tectónico

La Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) es un arco volcánico que se desarrolla sobre la margen suroccidental de la Placa Norteamericana como resultado de la subducción de las Placas Rivera y Cocos a lo largo de la Trincheras de Acapulco (Figura 3.4).

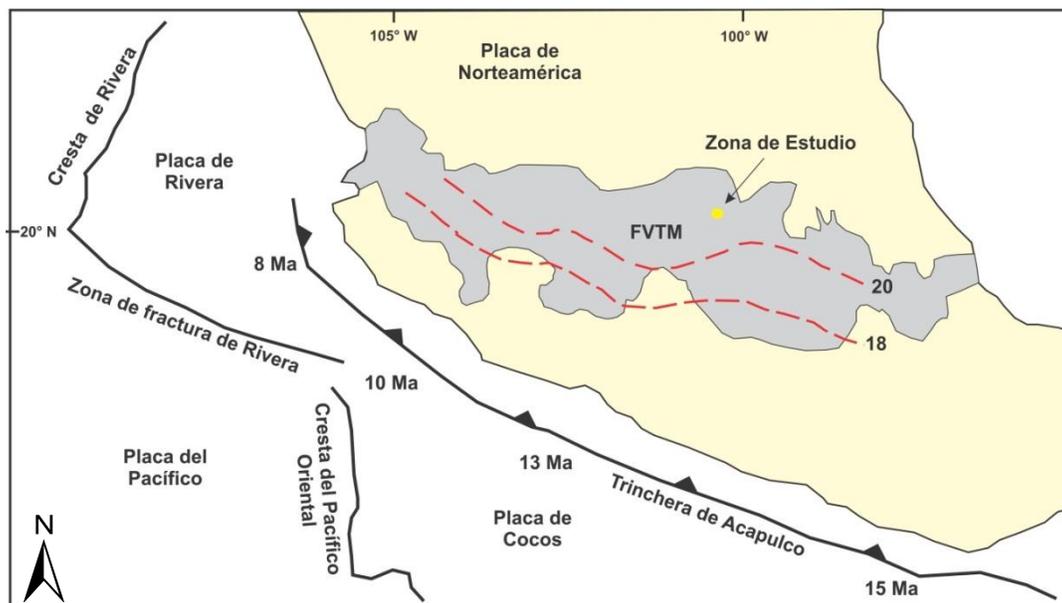


Figura 3.4 Marco tectónico de la FVTM. Las edades en la trinchera se refieren a la placa que entra en la zona de subducción. Las líneas rojas representan la posición de las isócronas de la placa subducida, cuyas edades se indican. Modificado de Ferrari (2000).

Una de las principales características de este arco volcánico es la variedad de estilos volcánicos y composición química a lo largo del arco. La FVTM se suele dividir en tres sectores: occidental, central y oriental.

En el sector occidental, limitado al este por el rift de Colima, el arco se superpone al límite meridional de la Sierra Madre Occidental (SMO). En la parte de la SMO, el volcanismo es bimodal, formado por estratovolcanes, complejos de domos tanto dacíticos como riolíticos y centros monogenéticos basálticos. Del lado este el volcanismo es monogenético y de composición basáltico-andesítica.

En el sector central, localizado entre el Rift de Colima y el sistema de fallas Taxco-Querétaro, se encuentra el campo volcánico Michoacán-Guanajuato. Este campo está formado por centros monogenéticos y pequeños volcanes escudo de composición basáltica a andesítica.

En el sector oriente, al cual pertenece el área de estudio, el volcanismo está emplazado en grandes estratovolcanes, calderas y domos de composición andesítica a riolítica que se encuentran alineados, mientras que los volcanes monogenéticos son de composición basáltica.

La FVTM no se encuentra a una distancia constante de la Trincheras de Acapulco. El sector occidental es paralelo a la trincheras, mientras que los sectores central y oriental se alejan de ella (Ferrari, 2000). La posición de la FVTM se debe a la geometría que tiene la zona de Benioff por debajo de la placa de Norteamérica en México, ya que las placas de Cocos y Rivera subducen con ángulos diferentes en la Trincheras de Acapulco, siendo de 45° el ángulo de la primera y de la segunda 20° al oriente y al occidente 30° (Dávalos-Álvarez *et. al.*, 2005). Debido a su posición tan particular, la FVTM es un rasgo representativo de la geología de México.

La zona del Valle de Huimilpan ha sido afectada por tres sistemas de fallas regionales (Figura 3.5):

- Taxco-San Miguel de Allende (TSMA), orientación preferente al NNW.
- Chapala-Tula (Ch-T), orientación preferente ENE.
- Fallas y Fosás Tectónicas NW (FFTNW), orientación preferente al NW.

Estas fallas tuvieron actividad durante el Cenozoico. En el sistema FFTNW las edades van desde el Oligoceno Tardío al Mioceno, para el sistema TSMA la actividad reportada es del Mioceno Medio al Reciente (Alaniz-Álvarez *et al.*, 2002) y para el sistema Ch-t la actividad se reporta desde el Mioceno-Plioceno al Reciente (Nieto-Samaniego, 1990).

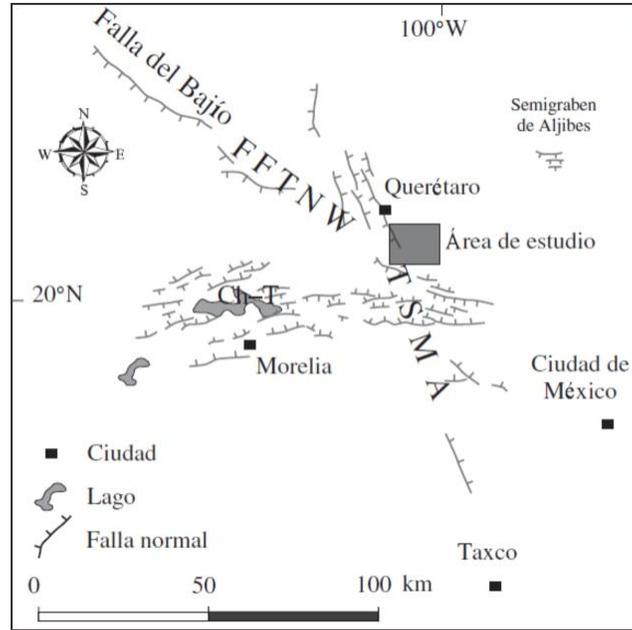


Figura 3.5 Sistema de fallas regionales de la zona de Huimilpan (Dávalos-Álvarez, 2005).

La zona de Huimilpan es claramente afectada por los tres sistemas de fallas antes mencionados. La deformación ocurrida durante el Neógeno es dominada por las fallas TSMA y Ch-T, mientras que el sistema FFTNW es un semigraben con morfología más vieja que los otros sistemas, sin embargo su actividad durante el Neógeno fue en un grado mucho menor.

En la región de Huimilpan se han documentado cuatro periodos de deformación (Dávalos-Álvarez *et al.*, 2005):

1. La primera deformación afectó solamente a la riolita La Cuesta, provocando una zona de debilidad en donde se emplazaron lavas andesíticas. Esta deformación generó fallas que tienen la misma orientación que el sistema de fallas Ch-T. Por la relación que guarda con las rocas afectadas, la actividad fue posterior a la riolita La Cuesta y anterior a la andesita Vaquerías.
2. La segunda fase, ocurrida durante el Mioceno Tardío (Tortoniano), se asocia con el sistema TSMA. Este fallamiento generó la falla Lagunilla-Huimilpan y sobre su escarpe se emplazó la andesita Guadalupe.
3. La tercera deformación fue provocada por la reactivación del sistema Ch-T y afectó a la riolita La Cuesta y a la andesita Vaquerías.

4. La última fase se caracteriza por la reactivación del sistema TSMA y comenzó su actividad durante el Plioceno, ya que afecta a la ignimbrita Huimilpan. Esta fase se extiende hasta el Reciente ya que, en 1998 ocurrió un sismo en el poblado de Sanfandila que se asocia a una falla generada en la última fase de deformación (Zúñiga *et al.*, 2003).

III.2.4 Geología regional

La secuencia estratigráfica en la zona de estudio está compuesta por rocas volcánicas de edad Cenozoica de composiciones intermedias a félsicas y actualmente están cubiertas por depósitos recientes. La actividad volcánica principalmente ocurrió durante el Mioceno-Plioceno.

Como base para llevar a cabo el reconocimiento geológico se utilizaron los trabajos de Nelson y Sánchez-Rubio (1986), Verma (1991) Aguirre-Díaz, (1996) y Dávalos-Álvarez (2003), los cuales describen ampliamente la zona.

Las unidades estratigráficas reportadas por Dávalos-Álvarez (2003) para la zona del Valle de Huimilpan de la base a la cima son:

Unidad	Época Geológica	Edad	Simbología
Riolita La Cuesta	Oligoceno–Mioceno Medio	-	RiC
Andesita Vaquerías	Mioceno Medio a Tardío	-	AnV
Andesita Guadalupe	Mioceno Tardío	8.8±0.13 Ma	AnG
Riolita El Rincón	Plioceno Reciente	4.7±0.19 Ma	RiR
Toba Amealco	Plioceno Medio	4.68±0.10 Ma	TbA
Ignimbrita Huimilpan	Plioceno Tardío	3.43±0.16 Ma	IgH
Clásticos Continentales	Reciente	-	AI

Tabla 3.2 Unidades estratigráficas de la zona de estudio.

A continuación se presenta una breve descripción de las unidades antes mencionadas y algunas características que se observaron en la campaña de campo. En el Anexo A se presentan los formatos de verificación geológica.

Riolita La Cuesta (RiC)

Esta unidad está compuesta por una roca ígnea extrusiva fracturada de coloración gris con tonos rosados al fresco y color gris al intemperismo formada por feldespatos potásicos, plagioclasas, cuarzo y ferromagnesianos y textura porfídica (Figura 3.6). La verificación de esta unidad fue cerca de la Sierra Vaquerías, donde Dávalos-Álvarez *et al.* (2005) reportan que aflora principalmente.

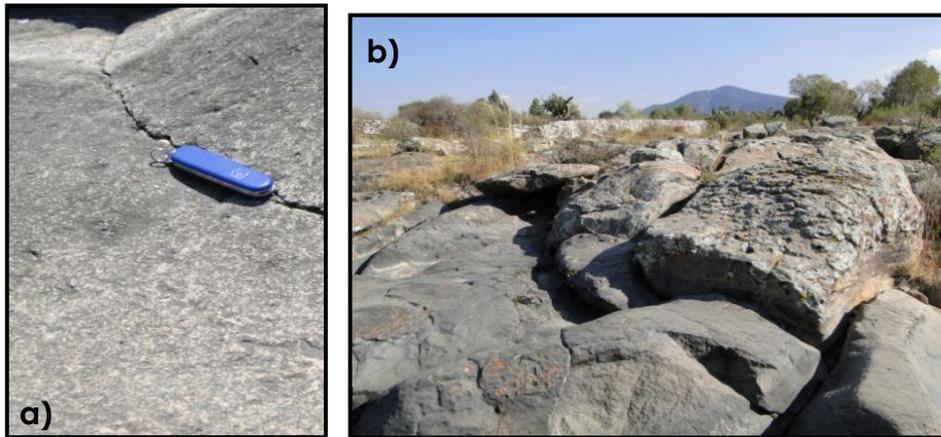


Figura 3.6 a) Color al fresco de la riolita La Cuesta. b) Afloramiento en la Sierra Vaquerías (PVG-10-HU).

La riolita La Cuesta subyace a la andesita Vaquerías y su espesor mínimo es de 150 a 200 m y la edad que reporta Alaniz-Álvarez *et al.* (2001) ubicaron su edad entre el Oligoceno y Mioceno Medio debido a que fuera del área de estudio es cubierta por derrames del basalto Querétaro.

Andesita Vaquerías (AnV)

Cerca del Poblado Puerta de San Rafael aflora una unidad de coloración gris oscuro con tonos rosados compuesta de fenocristales de plagioclasa subhedrales, escaso cuarzo y ferromagnesianos y textura porfídica (Figura 3.7).



Figura 3.7 Afloramiento de la andesita Vaquerías (PG-08-HU).

Esta unidad aflora al NW de la Sierra de Vaquerías y se presenta como un derrame afectado por fracturamiento regional. Esta unidad subyace a la andesita Guadalupe y sobreyace a la riolita La Cuesta. Dávalos-Álvarez *et al.* (2005) reportan una edad del Mioceno Medio a Tardío para esta unidad, con espesores de 200 a 250 m.

Andesita Guadalupe (AnG)

Esta unidad no fue verificada en campo y su ubicación en el Plano 2 fue con base en cartografía del Servicio Geológico Mexicano y el estudio realizado por Dávalos-Álvarez *et al.* (2005).

La andesita Guadalupe forma cuatro cuerpos volcánicos, tres se emplazan a lo largo de la traza de la falla Lagunillas-Huimilpan y un cuarto cuerpo en las cercanías del poblado de Santa Isabel.

Las rocas de esta unidad están compuestas por abundantes fenocristales de hornblenda y plagioclasa, algunos de feldespato potásico y escaso cuarzo y presentan coloraciones pardas rojizas.

La unidad sobreyace a la andesita Vaquerías y subyace a la toba Amealco, su espesor mínimo es de 50 m y tiene una edad de 4.68 ± 0.10 Ma, siendo su origen en el Mioceno Tardío (Aguirre-Díaz, 1996).

Riolita El Rincón (RiR)

Las rocas de la unidad denominada riolita El Rincón (Aguirre-Díaz, 1996) presentan coloración gris oscuro al intemperismo y al fresco gris rosado y está formada por ferromagnesianos y feldespatos potásicos. Cuenta con texturas que varían de porfídica a afanítica, presenta fracturamiento y alto grado de compactación. En ocasiones muestra oxidación.

Dávalos-Álvarez *et al.* (2005) reportan que esta unidad se encuentra aflorando en seis domos con dimensiones que varían de uno a nueve kilómetros. En el área de estudio afloran en la Sierra El Rincón, Cerro Bravo y Cerro Capula, ubicados al sur suroeste del acuífero Valle de Huimilpan (Figura 3.8). Los espesores para esta unidad dependen de la estructura del domo y varían entre los 50 y 300 m.



Figura 3.8 Afloramiento de la riolita El Rincón en la Sierra El Rincón (PVG-03-HU).

Toba Amealco (TbA)

Verma *et al.* (1991) describieron esta unidad como una secuencia piroclástica formada por ceniza y que presenta juntas columnares, llamándola ignimbrita Amealco.

En campo se observaron diferentes características para esta unidad:

- Cerca del poblado Las Taponas, la roca se observa de color pardo a café claro con tonos blancos, compuesta de líticos en una matriz limosa y presenta textura piroclástica. En algunas zonas se observan depósitos de ceniza de coloración grisácea (Figura 3.9).



Figura 3.9 Afloramiento de toba Lítica (PVG-19-HU).

- En el PVG-07-HU, cerca del poblado Bravo se observa una secuencia de tobas limosas con lentes de ceniza volcánica cuya coloración es parda clara con tonos grisáceos formada por líticos en una matriz limosa (Figura 3.10-a). Por otro lado en el poblado El Zorrillo se presenta la misma roca antes descrita, pero debido a la vegetación, ésta presenta un alto grado de intemperismo (Figura 3.10-b).



Figura 3.10 a) Toba lítica con lentes de ceniza (PVG-07-HU). b) Afloramiento cerca del poblado El Zorrillo, donde se observa el grado de intemperismo de la toba Amealco (PVG-17-HU).

- En el poblado La Poza, la roca muestra coloración al intemperismo gris claro con tonos rojos y al fresco rosado con tonos marrones, compuesta por feldespatos y micas en forma masiva y compacta (Figura 3.11). De acuerdo con la literatura consultada esta unidad podría considerarse una de las ignimbritas principales de la toba Amealco.



Figura 3.11 ¿Ignimbrita Principal? de la toba Amealco (PVG-15-HU).

Aguirre-Díaz (1993) toma el nombre de toba Amealco para describir esta secuencia que fue originada por la Caldera de Amealco describiéndola como una secuencia formada por tres ignimbritas principales, intercaladas con ignimbritas poco soldadas, pómez y flujos de lodo, llamándolas Amealco I, Amealco II y Amealco III, teniendo la Ignimbrita I y III la presencia de líficos.

El autor asigna un espesor de 15 a 30 m, aunque esta unidad llega a alcanzar un espesor de 70 m, y la edad que le asigna, por medio de fechamiento radiométrico es de 4.68 ± 0.10 Ma.

Los diferentes puntos de verificación geológica realizados permiten establecer que esta unidad se encuentra ampliamente distribuida en la zona de estudio formando planicies.

Ignimbrita Huimilpan (IgH)

La unidad presenta coloración gris fuerte a claro al intemperismo y al fresco tonos rasados con tonos crema y pardo y contiene feldespatos, micas alteradas y líficos. Los cristales muestran cierta orientación y se encuentran en fiammes de pómez. La textura es porfídica y la roca es muy dura.

La ignimbrita Huimilpan es la roca volcánica más joven y en la zona de estudio se encuentra en la porción noroeste y al norte del poblado de Huimilpan (Figura 3.12). Aguirre-Díaz y López Martínez (2001) obtuvieron para esta unidad una edad de 3.42 ± 0.16 Ma, por lo que se le asigna una edad pliocénica.



Figura 3.12 Ignimbrita Huimilpan que aflora en la parte noroeste de la zona de estudio (PVG-14.HU).

Clásticos continentales (A1)

Los clásticos continentales reportados por Dávalos-Álvarez *et al.* (2005) no afloran dentro de la zona de estudio, pero fueron considerados para realizar el Plano 2 (Anexo G). Esta unidad está compuesta principalmente por aluvión, formado de sedimentos arcillosos y cubre una zona extensa. También existe coluvión de bloques de andesita, riolita e ignimbrita, contenidos en una matriz de arena fina.

Sin embargo, en la campaña de campo se registró un conglomerado polimíctico que aflora cerca de la ignimbrita Huimilpan que se encuentra al noroeste de la zona de estudio (Figura 3.13).

Este conglomerado polimíctico, mal clasificado y poco consolidado, es de coloración parda clara a crema y los clastos son redondeados a subredondeados, cuyos tamaños varían de 0.5 cm a aproximadamente 30 a 40 cm. Los clastos son de composición riolítica e ignimbrítica y están contenidos en una matriz arcillosa. Los autores antes mencionados coinciden con pequeños afloramientos de conglomerados polimícticos con espesores de 1 a 3 m.



Figura 3.13 Conglomerado polimíctico que aflora cerca de la ignimbrita Huimilpan (PVG-13-HU).

III.3 Unidades hidrogeológicas

Las unidades estratigráficas en el área de estudio se han agrupado con base en su potencial hidráulico y características litológicas, en 6 unidades hidrogeológicas:

Unidad Hidrogeológica	Formación Geológica
Acuitardo	Clásticos Continentales
Acuitardo	Ignimbrita Huimilpan
Acuífero	Toba Amealco
Acuicludo	Riolita El Rincón
Acuifugo	Andesita Guadalupe Andesita Vaquerías
Acuitardo	Riolita La Cuesta

Tabla 3.3 Unidades Hidrogeológicas del Acuífero Valle de Huimilpan.

III.4 Hidrología superficial

El estado de Querétaro pertenece a dos organismos de cuenca, la porción centro y oriente a la Golfo Norte y la porción poniente a la Lerma Santiago-Pacífico, a la cual pertenece el acuífero Valle de Huimilpan, y se ubica en dos cuencas hidrológicas: Río Panuco con 9,316 km² la cual vierte al Golfo de México y Río Lerma-Chapala, con 2,453 km² que desemboca al Océano Pacífico (CONAGUA, 2010). Para 2010, CONAGUA reporta la condición del acuífero como no sobreexplotado

La red hidrológica que se encuentra dentro de la zona de estudio drena hacia el norponiente en donde gran parte de los afluentes tales como los arroyos de tipo intermitente y los Ríos Hondo, Huimilpan, Florido y Bravo, vierten sus aguas hacia el Río El Pueblito (Figura 3.14).

A lo largo de todo el territorio que constituye al acuífero existen múltiples presas y bordos dentro de las cuales destacan las presas San José con 1.5 Mm³; el Zorrillo con 3 Mm³, Insurgente Miguel Domínguez con 5 Mm³ y Ceja de Bravo con una capacidad de 4.6 Mm³, además de los bordos como El Granjeno, La Escondida, El Vegil, Bordo Nuevo y Bordo San Luis.

La importancia de estos cuerpos de agua radica en que funcionan como reguladores climáticos al influir positivamente en los ecosistemas, además de servir de abrevaderos y ayudar con riegos de punteo para el inicio de los cultivos de maíz y frijol.

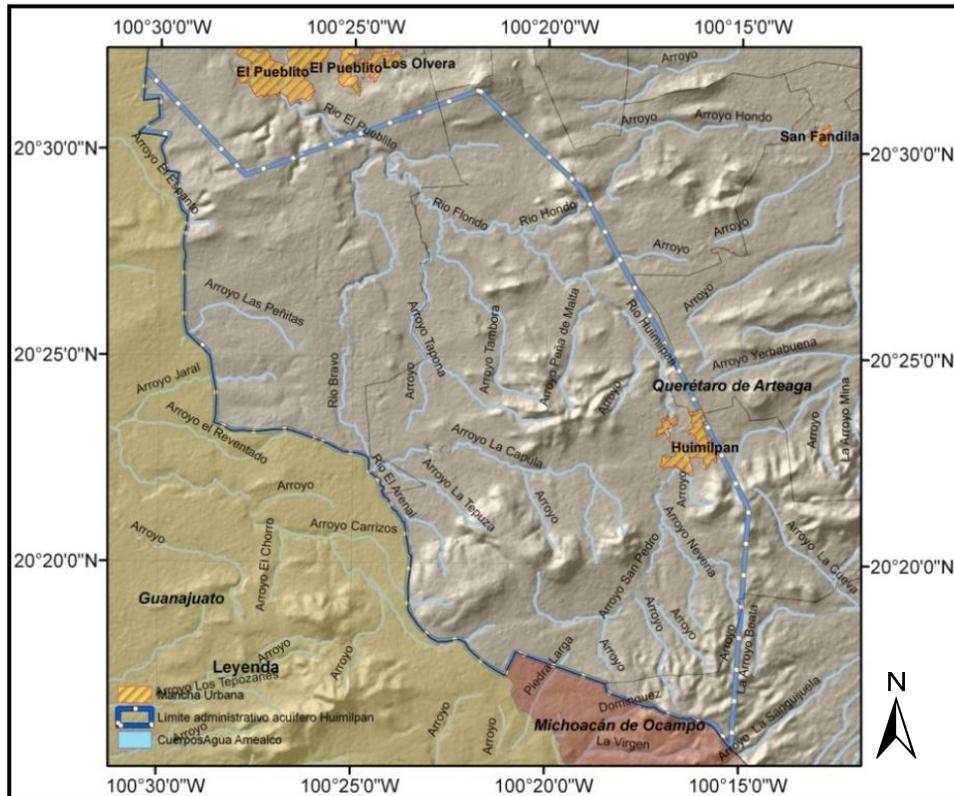


Figura 3.14 Hidrología del acuífero Valle de Huimilpan.

III.4.1 Climatología

En el estado de Querétaro se distinguen tres áreas climáticas: la porción sur, que comprende parte de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico; la región centro que abarca áreas del Eje Neovolcánico, La Sierra Madre Oriental y la Mesa del Centro; y la zona norte que corresponde a una porción de la Sierra Madre Oriental.

La zona que abarca el acuífero Valle de Huimilpan corresponde con un clima templado subhúmedo en casi toda la totalidad y el clima semiseco templado cubre la zona norte del acuífero (INEGI, 2011, Figura 3.15).

El clima templado subhúmedo es estable en lo que se refiere a temperatura, pues su régimen térmico medio anual varía de 12° a 18° C.

El clima semiseco templado se presenta en terrenos rodeados de sierras, mesetas y lomeríos que impiden el paso de los vientos húmedos del Golfo de México y la Mesa del Centro, que en sus laderas retiene la humedad de los vientos que viajan de Norte a Sur. La oscilación térmica media anual oscila entre 16° y 18° C.



Figura 3.15 Climas presentes en el estado de Querétaro. Modificado de mapserver.inegi.gob.mx.

III.4.2 Precipitación

La precipitación que se presenta en el acuífero Valle de Huimilpan está relacionada con el clima (Figura 3.16). Para el clima semiseco templado la precipitación anual fluctúa entre 450 y 630 mm y para el clima templado subhúmedo de 630 y 860 mm, en donde las precipitaciones más abundantes se registran en verano (INEGI, 2011).

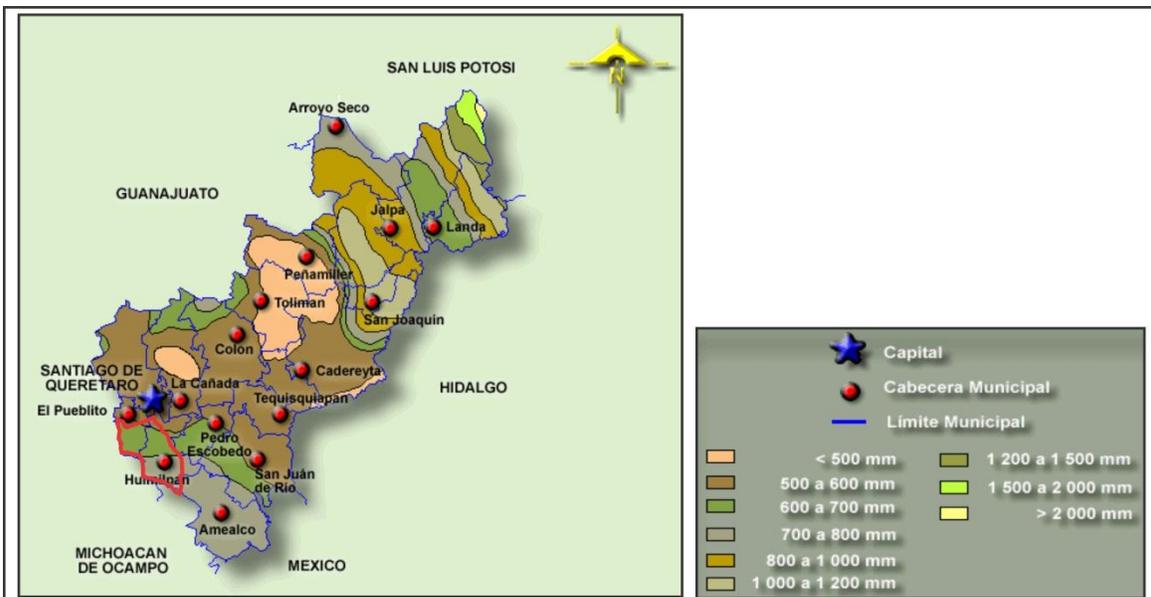


Figura 3.16 Precipitación anual en el estado de Querétaro. Modificado de mapserver.inegi.gob.mx.

III.5 Hidrología subterránea

III.5.1 Tipo de acuífero

El comportamiento del acuífero está condicionado por la litología, las estructuras volcánicas presentes y el sistema de fallas que existen en los alrededores del Valle de Huimilpan.

La zona de estudio alberga un acuífero emplazado en rocas volcánicas y en medios granulares, interestratificados e interdigitados entre sí, constituido principalmente por tobas. La existencia de rocas andesíticas constituye el límite impermeable del acuífero, no sólo a profundidad, sino también lateralmente. Este límite se encuentra a una profundidad aproximada entre 350 y 400 m.

Las fallas geológicas presentes en la zona funcionan como barreras semi-impermeables, dividen la zona de alto rendimiento en los valles, de la zona de bajo rendimiento en las montañas.

El acuífero es de carácter libre a semiconfinado en gran parte de su extensión. Esto se puede apreciar en el cambio de pendiente que se manifiesta en la gráfica logarítmica tiempo vs abatimiento en las pruebas de bombeo, mostrando una geometría correspondiente a la curva característica de acuíferos libres y semiconfinados controlados por drenaje diferido. En el subcapítulo IV.2 Pruebas de bombeo, se muestran los valores de las propiedades hidráulicas determinadas que sustentan el tipo de acuífero definido anteriormente. El nivel estático se encuentra a más de 80 m de profundidad, dentro de un medio anisótropo.

El sistema de flujo detectado es intermedio y tiene una dirección preferencial de sur a norte, limitado por la geología del subsuelo. El acuífero se encuentra en el límite entre la riolita fracturada y la toba arenosa con un espesor saturado que varía de 150 a 300 m. En la zona norte del acuífero, el nivel estático se encuentra a 140 m de profundidad aproximadamente en pozos perforados a 300 m.

Es importante destacar que las unidades litológicas para efectos de exploración hidrogeológica, son los derrames volcánicos basáltico-andesíticos fracturados y los depósitos de tobas limoarenosas; teniendo como premisa que los niveles de saturación son en realidad profundos, como se ha expuesto anteriormente.

III.5.2 Parámetros hidráulicos

De la recopilación de la información se extrajeron valores de transmisividad (T) y coeficiente de almacenamiento (S), siendo el único trabajo que los reporta el realizado por GUYSA (1996).

GUYSA (1996) llevó a cabo 10 pruebas de bombeo a caudal constante las cuales tuvieron una duración de tres a seis horas de duración y los resultados fueron interpretados por el método de Jacob-Cooper, cabe señalar que no todas las pruebas fueron interpretables (Tabla 3.3).

Pozo	Duración (hrs)	Nivel Estático (m)	Nivel Dinámico (m)	Caudal (l/s)	T (m ² /d)
675	6	108.35	109.35	11	N.I.
708	3	42.10	45.39	44	N.I.
712	3	56.78	57.13	40	N.I.
1481	3	59.06	68.52	16	699.84
1751	3	61.20	70.21	21	1,658.88
1752	6	92.08	113.37	12	751.68
1889	7	80.09	80.34	40	N.I.
2349	3	55.98	79.02	23	155.52
2351	3	91.26	98.61	45	2,851.2
2355	3	39.83	41.36	3	198.72

Tabla 3.3 Resumen de pruebas de bombeo elaboradas por GUYSA (1996).

El rendimiento específico (S_y) se obtuvo del trabajo "Evaluación geohidrológica y modelación matemática en el Valle del Milagro" (1996), el cual tiene un valor de 0.035. Es importante mencionar que este valor se obtuvo de un trabajo previo realizado por GUYSA (1995), mismo que no se pudo obtener durante la recopilación de la información.