CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL ACUÍFERO EL ASTILLERO (1308), ESTADO DE HIDALGO

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

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 6
2.4 Geomorfología 6
3. GEOLOGÍA 6
3.1 Estratigrafía 7
3.2 Geología estructural 8
3.3 Geología del subsuelo 9
4. HIDROGEOLOGÍA 9
4.1 Tipo de acuífero 9
5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 9
5.1 Entradas 10
5.1.1 Recarga vertical (Rv) 10
5.2 Salidas 16
5.2.1 Bombeo (B) 16
6. DISPONIBILIDAD 16
6.1 Recarga total media anual (R) 17
6.2 Descarga natural comprometida (DNC) 17
6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS) 17
6.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA) 18
7. BIBLIOGRAFÍA 19

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 El Astillero, definido con la clave 1308 en la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción oeste del estado de Hidalgo, entre las coordenadas geográficas 20° 15' y 20° 23' de latitud norte y 99° 28' y 99° 37' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 105.85 km^2.

Limita al este con el acuífero Chapantongo-Alfajayucán y al oeste con el acuífero Huichapán-Tecozautla, todos pertenecientes al estado de Hidalgo (figura 1).

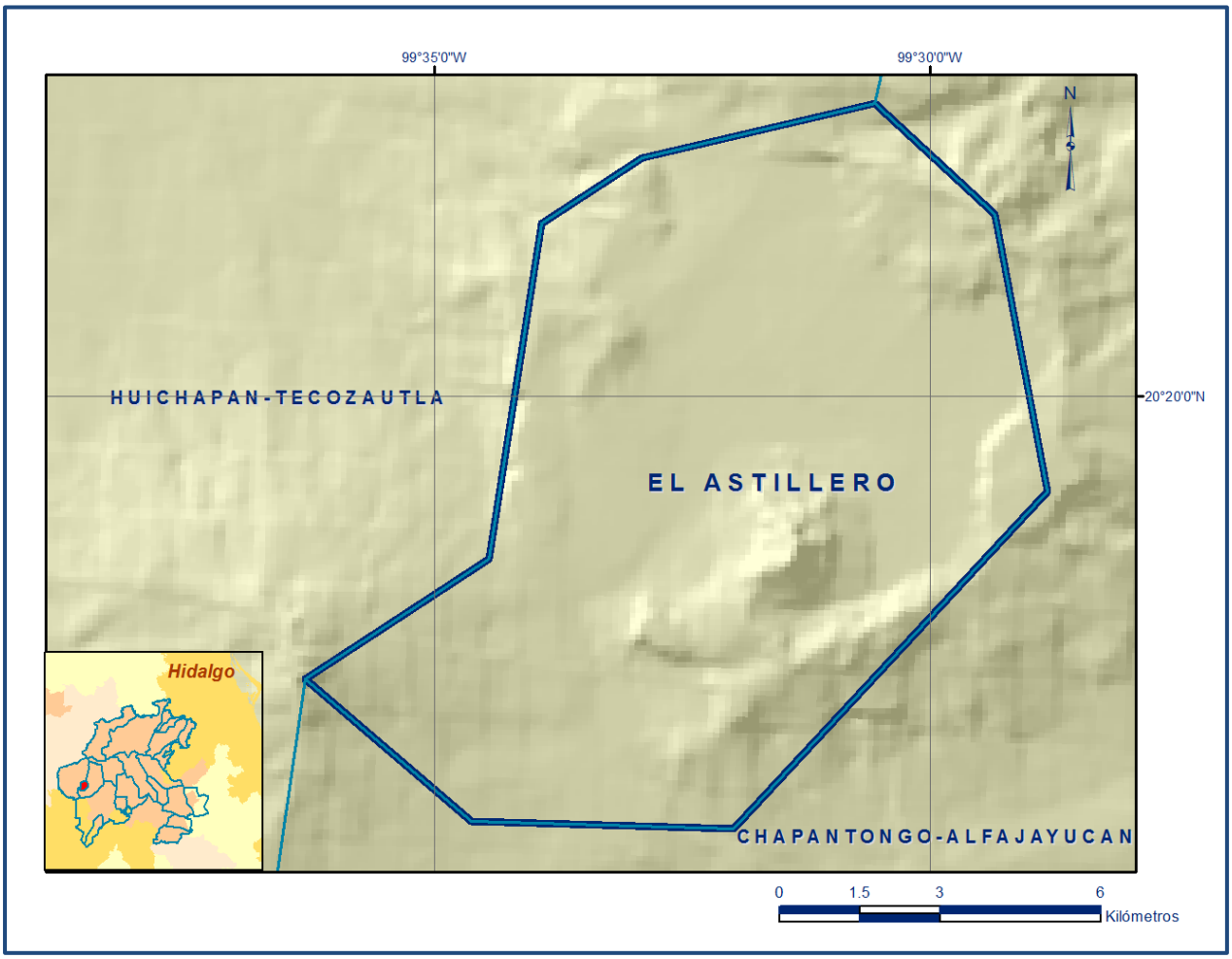


Figura 1. Localización del acuífero

Geopolíticamente, comprende parcialmente la superficie de los municipios Chapantongo, Huichapan y Alfajayucán. La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 1308 EL ASTILLERO						
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	99	30	33.6	20	22	57.5
2	99	29	21.0	20	21	50.4
3	99	28	49.3	20	19	2.8
4	99	31	59.5	20	15	39.0
5	99	34	38.0	20	15	43.6
6	99	36	18.8	20	17	9.2
7	99	34	27.4	20	18	22.1
8	99	33	55.8	20	21	45.1
9	99	32	54.5	20	22	24.6
1	99	30	33.6	20	22	57.5

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero El Astillero pertenece al Organismo de Cuenca XIII *"Aguas del Valle de México"*, y también al Consejo de Cuenca "Valle de México" instalado el 16 de agosto de 1995. Y al Consejo de Cuenca "Río Panuco" instalado el 26 de agosto de 1999.

En la totalidad de su territorio no rige ningún decreto de veda, sin embargo, se encuentra sujeto a las disposiciones del *"ACUERDO General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas nacionales del subsuelo en los 96 acuíferos que se indican"*, publicado en el DOF el 5 de abril de 2013, a través del cual en el acuífero, no se permite la perforación de pozos, la construcción de obras de infraestructura o la instalación de cualquier otro mecanismo que tenga por objeto el alumbramiento o extracción de las aguas nacionales del subsuelo, sin contar con concesión o asignación otorgada por la Comisión Nacional del Agua, quien la otorgará conforme a lo establecido por la Ley de Aguas Nacionales, ni se permite el incremento de volúmenes autorizados o registrados previamente por la autoridad, sin la autorización previa de la Comisión Nacional del Agua, hasta en tanto se emita el instrumento jurídico que permita realizar la administración y uso sustentable de las aguas nacionales del subsuelo.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 4. El uso principal del agua subterránea es el agrícola. No se han constituido ningún Distrito de Riego ni Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

2. FISIOGRAFÍA

2.1 Provincia fisiográfica

De acuerdo con la regionalización fisiográfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2001), el acuífero se ubica en territorio de la provincia Eje Neovolcánico, y abarca la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

El Eje Neovolcánico se caracteriza por una serie de cadenas montañosas de origen volcánico y por su complejidad en la composición de las rocas que varía de basáltica a riolítica, producto de eventos lávicos y piroclásticos; las geoformas volcánicas presentan edades que varían desde mediados del Cenozoico al Reciente. Comprende parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Distrito Federal, Hidalgo, Puebla, y Veracruz. La integran grandes sierras volcánicas, extensas coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto, depósitos de arena y cenizas. Presenta también la cadena de grandes estrato-volcanes denominada propiamente "Eje Neovolcánico" integrado por: Volcán de Colima, Tancítaro, Zinaltécatl (Nevado de Toluca), Popocatépetl, Iztaccíhuatl, Matlacuéyetl (La Malinche) y Citlaltépetl (Pico de Orizaba), que casi en línea recta atraviesan el país, más o menos sobre el paralelo 19°; que representan el trazo de la gran Falla Clarión.

La superficie del acuífero se localiza en la subprovincia fisiográfica Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo se extiende desde el oeste de la ciudad de Querétaro hasta Pachuca Hidalgo y que se diferencia por la edificación de significativos espesores lávicos y piroclásticos característicos del Eje Neovolcánico.

2.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por E. García, en 1981, con aportaciones del INEGI, para las condiciones particulares de la República Mexicana, en el acuífero, prevalece el clima templado subhúmedo C(w1). Se caracteriza por presentar una temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, la temperatura media del mes más frío es entre -3 °C y 18 °C y temperatura del mes más caliente menor de 22 °C. Presenta lluvias en verano y el porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Para la determinación de las variables climatológicas se cuenta con información de tres estaciones climatológicas con influencia en el área del acuífero: Huichapan,

Chapantongo y Jonacapa. Con los registros obtenidos para el periodo 1965 a 1985 y utilizando el método de los Polígonos de Thiessen, se determinaron valores medios anuales de precipitación y temperatura de **568.9 mm y 15.3 °C** respectivamente.

2.3 Hidrografía

El acuífero se localiza en la Región Hidrológica RH 26 Panuco y dentro de la Cuenca R. Moctezuma, encontrándose dentro las subcuencas R. Alfajayucan y R. Tecozutla.

La Cuenca R. Moctezuma es considerada como el dren general del Río Pánuco; recibe el nombre de Moctezuma a partir de la confluencia de los ríos Tula y San Juan del Río.

2.4 Geomorfología

El sistema de topoformas del acuífero El Astillero se constituye principalmente de calderas, conos volcánicos y valles.

Localmente el rasgo geomorfológico más notable es la caldera y cono volcánico de El Astillero, el cual tiene en su base un diámetro de 16 kilómetros, mientras que al interior de la caldera tiene 12 kilómetros de diámetro y tiene un valle de formas suaves. El valle en el interior de la caldera presenta una suave pendiente hacia su porción central y sur. Sobre el borde de la caldera de El Astillero existen varios conos volcánicos de menor tamaño.

3. GEOLOGÍA

La mayor parte del área del acuífero está conformada por rocas carbonatas, andesitas, basaltos y rocas piroclásticas. La distribución general de las distintas unidades litológicas se muestra en la figura 2.

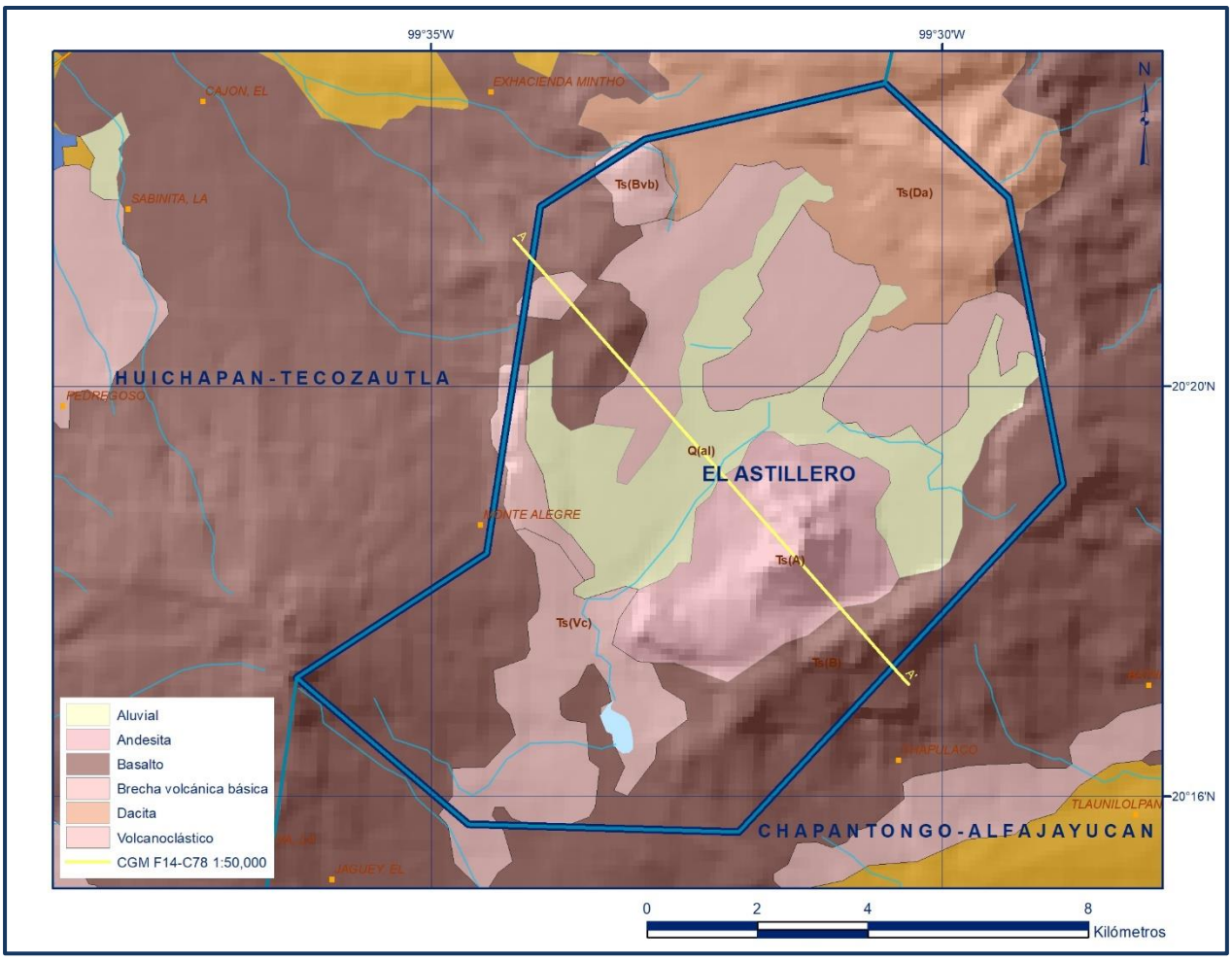


Figura 2. Geología general del acuífero

3.1 Estratigrafía

Las unidades litoestratigráficas varían en edad del Cretácico inferior al Reciente. A continuación se describe de forma breve su litología en orden cronológico de ocurrencia.

CRETÁCICO INFERIOR

Formación El Doctor

Corresponde a una secuencia carbonatada arrecifal de edad Albiano-Cenomaniano definida como Fm. El Doctor, la cual consiste de caliza de packstone de estratificación mediana a gruesa, con lentes y nódulos de pedernal negro dispuestos arbitrariamente, así como presencia esporádica de fósiles (gasterópodos y foraminíferos).

Formación Soyatal

La Formación Soyatal de edad Turoniano-Campaniano, está constituida sedimentos tipo flysch, que consiste de una alternancia de lutita, arenisca, limolita y caliza.

CENOZOICO NEÓGENO

Toba Donguiño

Consiste de depósitos piroclásticos eyectados en la fase inicial de la caldera de Huichapan; y está constituida por depósitos de ceniza, horizontes de oleadas piroclásticas y flujos de pumicita, con presencia abundante de fiammes.

Toba Huichapan

Está constituida de un conjunto de flujos piroclásticos parcialmente soldados, se presentan depósitos de oleadas piroclásticas y cenizas.

Posteriormente al vulcanismo explosivo se extravasaron coladas de lava con algunos paquetes de piroclásticos, estos últimos marcan el límite entre flujos de lava.

Esta secuencia volcánica fue eyectada a través de volcanes monogenéticos y conos cineríticos instalados en la parte externa del anillo de la caldera Huichapan, alcanzando un espesor de 250 m aproximadamente. El emplazamiento de los domos Hualtepec y Gexca marcan el final del vulcanismo relacionado a la caldera de Huichapan.

Posteriormente al colapso de la caldera se inicia la denudación de la estructura y formación de un lago en la parte interna de la caldera, depositándose una secuencia lacustre conformada por capas de sedimentos, pumicita, ceniza fina y algunos horizontes arcillosos.

CUATERNARIO HOLOCENO

Del Holoceno se tienen depósitos no consolidados, distribuidos en algunas planicies y márgenes de arroyos, que consisten de arena-limo y aluvión.

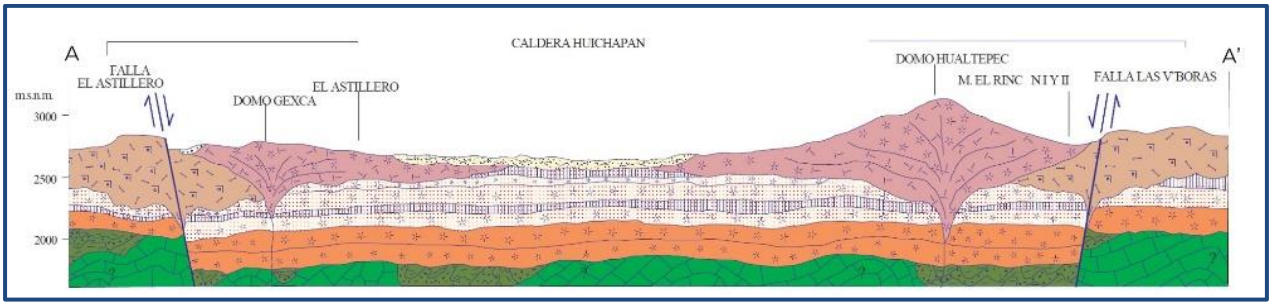
3.2 Geología estructural

Dentro del acuífero se definieron estructuras del tipo frágil, como resultado del proceso de formación de la caldera de Huichapán, delimitada por las fallas El Astillero,

Las Víboras y Huichapan, manifestándose en sus flancos un fracturamiento radial que controló las coladas de lava post-caldera.

3.3 Geología del subsuelo

De acuerdo con la geología superficial y la información de corte litológicos, se determina que el acuífero está constituido en su porción superior, por materiales piroclásticos y por depósitos no consolidados de granulometría variada de origen aluvial. La porción inferior se extiende una secuencia de calizas, lutitas y areniscas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento (figura 3).



Fuente: Carta Geológico-Minera F14-C78 "Huichapan". Esc. 1:50,000 (SGM, 2001)

Figura 3. Sección geológica esquemática

4. HIDROGEOLOGÍA

4.1 Tipo de acuífero

Las unidades consideradas como permeables actúan como acuíferos o zonas de recarga, las unidades impermeables en cambio sirven de barrera al flujo del agua subterránea.

De acuerdo con la información geológica, es posible definir la presencia de un acuífero de **tipo libre a semiconfinado**, heterogéneo y anisótropo, constituido en su porción superior por depósitos piroclásticos y aluviales. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas sedimentarias fracturadas con permeabilidad de media a alta.

5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Debido a la poca información piezométrica actual e histórica en la superficie que cubre el acuífero y a que se encuentra dispersa en espacio y tiempo; hace imposible extrapolarla para elaborar configuraciones del nivel estático que permitan el planteamiento de un balance de aguas subterráneas tradicional. Por lo tanto, se optó por plantear un balance hidrometeorológico en el área de balance de **104.2 km²** del

acuífero, para estimar de manera conservadora el volumen de agua susceptible de infiltrarse para recargar al acuífero.

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:

Entradas (E) - Salidas (S) = 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 del acuífero:

Recarga total - Descarga total = Cambio de almacenamiento

5.1 Entradas

Las entradas al acuífero El Astillero están integradas básicamente por la recarga natural que se produce por la infiltración de la lluvia (Rv).

5.1.1 Recarga vertical (Rv)

La recarga vertical total que recibe el acuífero (volumen susceptible de infiltrarse) se obtuvo mediante el planteamiento de un balance hidrometeorológico para toda la superficie de balance del acuífero, mediante la siguiente expresión:

$$V_{LL} = V_{ETR} + V_{ESC} + V_{INF} \quad (1)$$

Donde:

V_{LL} = Volumen de lluvia;
V_{ETR} = Volumen evapotranspirado;
V_{ESC} = Volumen escurrido;
V_{INF}= Volumen infiltrado;

Por lo tanto, despejando el volumen infiltrado, se obtiene lo siguiente:

$$V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC} \quad (2)$$

El volumen de lluvia que se precipita en la superficie cubierta por el acuífero se obtiene al multiplicar su área (104.2 km^2) por la lámina de precipitación media anual (568.9 mm):

V_{LL} = 104.2 km^2 (0.5689 m) = 59.3 hm^3 anuales

Para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó la ecuación empírica de Turc, considerando el valor medio anual de precipitación de 568.9 mm y temperatura de 15.3 °C.

Turc a partir de observaciones realizadas en 254 cuencas distribuidas por todos los climas del mundo, define la siguiente expresión para la estimación de la evapotranspiración real:

$$ETR(mm) = \frac{P(mm)}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P^2(mm)}{L^2}\right)}} \qquad L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

La limitación teórica para la utilización de la fórmula de Turc, es que la precipitación no debe ser menor a la relación 0.31L. En caso contrario se obtiene una ETR > P y para estos casos se debe considerar a ETR = P. De acuerdo con lo anterior, se obtiene un valor de lámina de evapotranspiración de **492 mm anuales.**

Por lo tanto, el volumen de ETR es:

V_{ETR} = 104.2 km^2 (0.492) = 51.3 hm^3 anuales

Para determinar el volumen de escurrimiento debido a la lluvia se utilizó el método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, publicada en el Diario Oficial de la Federación, de fecha 27 de marzo del 2015, en la que se señala que para los casos en los que no se cuente con suficiente información para determinar el volumen anual de escurrimiento natural, se puede aplicar el método indirecto denominado precipitación-escurrimiento. El volumen anual medio de escurrimiento natural es igual a la precipitación media anual por el área y por un coeficiente de escurrimiento.

Para determinar el valor de escurrimiento, la normatividad establece la siguiente relación:

VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL DE LA CUENCA	**=**	**PRECIPITACION ANUAL DE LA CUENCA**	*****	**AREA DE LA CUENCA**	*****	**COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO**

El coeficiente de escurrimiento (Ce) se puede determinar, según la norma antes citada, en función del parámetro K que depende del tipo y uso de suelo, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS).

Con apoyo de cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, de acuerdo con los tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la tabla 2 y se determina el uso actual del suelo.

En el caso de que, en la cuenca en estudio, existan diferentes tipos y usos de suelo, el valor de K se calcula como la resultante de subdividir la cuenca en zonas homogéneas para obtener el promedio ponderado.

Dependiendo del valor obtenido para K, el coeficiente de escurrimiento (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes, en la que P es la precipitación media anual expresada en mm:

Si *K* resulta menor o igual que 0.15	Ce = *K* (P-250) / 2000
Si *K* es mayor que 0.15	Ce = *K* (P-250) / 2000 + (*K* –0.15) / 1.5

Donde:

P = Precipitación anual;
Ce = Coeficiente de escurrimiento anual;
K = Parámetro que depende del tipo, uso y cubierta del suelo;

Tabla 2. Valores de k en función del tipo y uso del suelo

USO DE SUELO	TIPO DE SUELO A	TIPO DE SUELO B	TIPO DE SUELO C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera:	0.24	0.27	0.3
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.3
Granos pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% -poco-	0.14	0.2	0.28
Del 50 al 75% -regular-	0.2	0.24	0.3
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.3
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3

TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loes poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad; loes algo más compactos que los correspondientes a los suelos Tipo A; terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loes muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

De acuerdo con la cartografía de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), escala 1: 1,000,000 en la zona que comprende el acuífero El Astillero, predominan los siguientes tipos de suelo: Cuerpos de agua, Feozem, Planosol y Vertisol que se clasifican en tres tipos de suelo: A, B y C (figura 4).

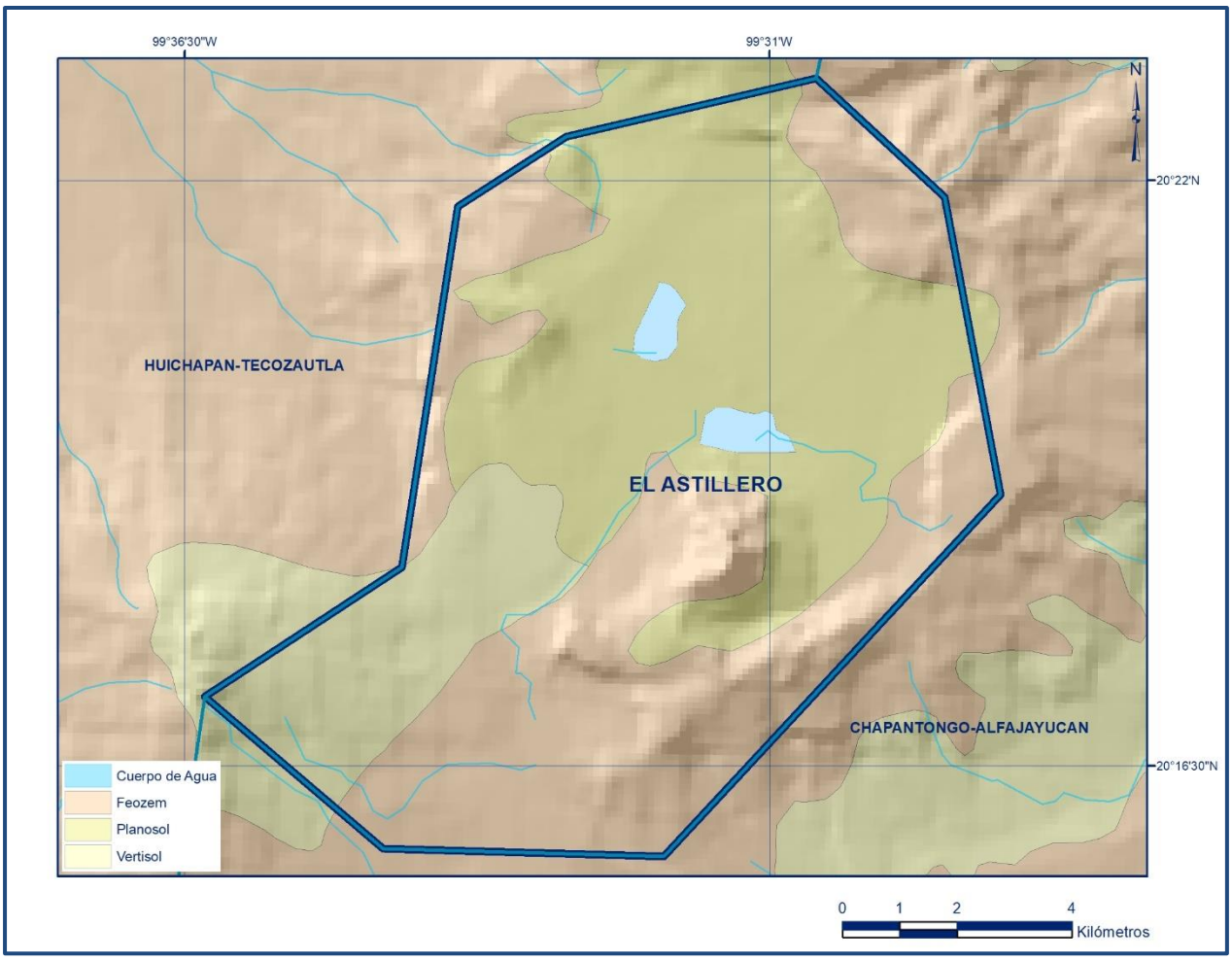


Figura 4. Tipo de suelo

En cuanto al uso de suelo, de acuerdo con la cartografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) escala 1:250,000, en el área donde se localiza el acuífero hay al menos cinco usos de suelo diferentes: agricultura, bosque, cuerpos de agua otros tipos y pastizal (figura 5).

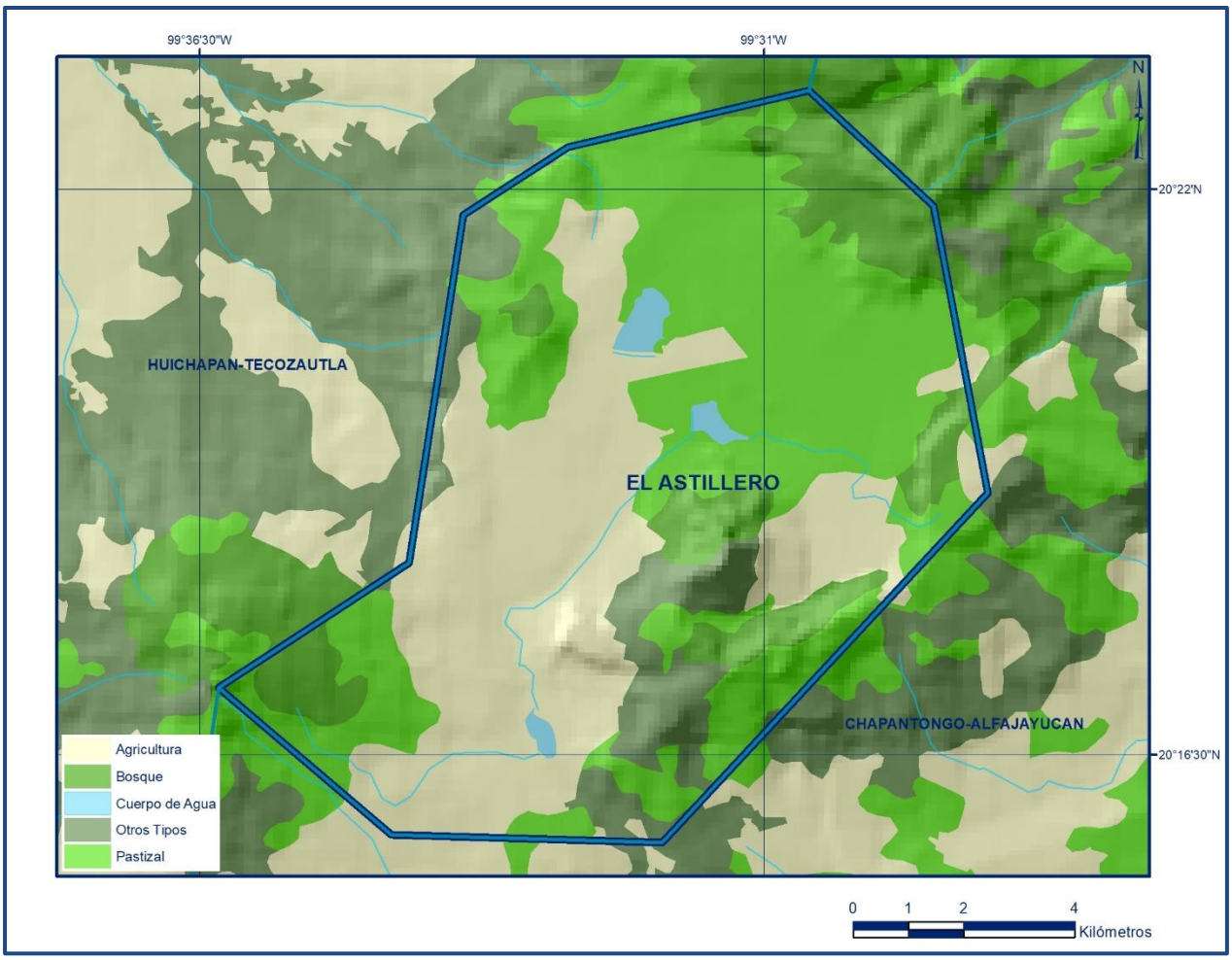


Figura 5. Uso de suelo

De esta manera, el valor de K se obtuvo como promedio ponderado y es igual a 0.22, valor que se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce):

$$Ce = K\,(P-250)/2000) + (K-0.15)/1.5$$

Ce = 0.082

Aplicando este coeficiente de escurrimiento al volumen de lluvia se obtiene el volumen del escurrimiento:

V_{ESC} = 0.082 (59.3 hm^3) = 4.9 hm^3 anuales

Sustituyendo valores en la ecuación (2), se obtiene lo siguiente:

$$\mathbf{V_{INF} = V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC}\ (2)}$$
$$\mathbf{V_{INF} = 59.3 - 51.3 - 4.9}$$
$$\mathbf{V_{INF} = 3.1\ hm^3\ anuales}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 59.3 hm^3/año, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.052.

De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es de 3.1 hm^3/año en los 104.2 km^2 de superficie del acuífero.

Por lo que **Rv = 3.1 hm^3 anuales**

5.2 Salidas

Las salidas de agua subterránea estimadas en este balance son las siguientes:
La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B) y posiblemente a través de salidas subterráneas, pero no se cuenta información piezométrica ni hidrométrica para su estimación.

5.2.1 Bombeo (B)

De acuerdo con los datos reportados por el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), se tiene registrado un volumen de extracción de **0.7 hm^3 anuales**, a la fecha de corte del 30 de diciembre del 2022.

6. 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:

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA DEL SUBSUELO EN UN ACUÍFERO	=	RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL	-	DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA	- EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

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

6.1 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 **3.1 hm³ anuales**, todos ellos son de recarga natural.

6.2 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. Por lo tanto, **DNC = 0.0 hm³ anuales.**

6.3 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 (REPDA), 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 **724,197 m³ anuales**, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del **30 de diciembre del 2022.**

6.4 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.

DMA = R – DNC – VEAS
DMA = 3.1 – 0.0 – 0.724197
DMA = 2.375803 hm^3 anuales

El resultado indica que existe un volumen anual disponible de **2,375,803 m^3 anuales** para otorgar nuevas concesiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

Institutito Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2008. Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México. México

Diario Oficial de la Federación (DOF), 2001. ACUERDO por el que se establece y da a conocer al público en general la denominación única de los acuíferos reconocidos en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos, por la Comisión Nacional del Agua, y la homologación de los nombres de los acuíferos que fueron utilizados para la emisión de los títulos de concesión, asignación o permisos otorgados por este órgano desconcentrado.

Servicio Geológico Mexicano, 2001. Carta Geológico-Minera F14-C78 “Huichapan”, escala 1:50,000.