



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO NORTE DE JALISCO (1434), ESTADO DE
JALISCO**

CIUDAD DE MÉXICO, 2024

Contenido

1. GENERALIDADES.....	2
Antecedentes.....	2
1.1 Localización.....	2
1.2 Situación administrativa del acuífero.....	4
2. FISIOGRAFÍA.....	4
2.1 Provincia fisiográfica.....	4
2.2 Clima.....	5
2.3 Hidrografía.....	5
2.4 Geomorfología.....	5
3. GEOLOGÍA.....	6
3.1 Estratigrafía.....	6
3.2 Geología estructural.....	8
3.3 Geología del subsuelo.....	8
4. HIDROGEOLOGÍA.....	9
4.1 Tipo de acuífero.....	9
5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	9
5.1 Entradas.....	9
5.1.1 Recarga vertical (Rv).....	10
5.2 Salidas.....	16
5.2.1 Bombeo (B).....	16
6. DISPONIBILIDAD.....	17
6.1 Recarga total media anual (R).....	17
6.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	17
6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	18
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 Norte de Jalisco, definido con la clave 1434 por la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción norte del estado de Jalisco, entre las coordenadas 21°46' y 22°44' de latitud norte y 103°45' y 104°22' de longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 3553.95 km² (figura 1).

Tabla 1. Coordenadas de la poligonal simplificada que delimita el acuífero

ACUIFERO 1434 NORTE DE JALISCO							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	103	45	16.2	22	43	9.0	DEL 1 AL 2 POR EL LIMITE ESTATAL
2	103	51	45.6	22	9	59.4	
3	103	53	58.6	22	9	17.2	
4	103	52	41.7	22	4	40.3	
5	103	53	12.4	22	0	34.2	
6	103	52	26.3	21	56	20.4	
7	103	51	9.4	21	52	37.4	
8	103	53	4.8	21	50	26.6	
9	103	53	43.2	21	47	22.0	
10	103	55	11.8	21	46	1.0	DEL 10 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	103	45	16.2	22	43	9.0	

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Norte de Jalisco pertenece al Organismo de Cuenca VIII, “Lerma-Santiago-Pacífico”, y al Consejo de Cuenca “Río Santiago” instalado el 14 de julio de 1999. La totalidad de su territorio se encuentra sujeto a las disposiciones de un decreto de veda, “Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en zonas no vedadas en diversos Municipios del Estado de Jalisco y se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento, extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en todos los municipios del Estado de Jalisco”, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 7 de diciembre de 1987. Esta veda es de tipo III, en las que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros. De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 3.

2. FISIOGRAFÍA

2.1 Provincia fisiográfica

De acuerdo con la clasificación de E. Raisz (1964), la superficie del acuífero se ubica en la provincia fisiográfica “Sierra Madre Occidental”. ésta constituye un importante sistema montañoso, de origen ígneo, volcánico en su mayor parte, la sierra se levanta con una región escarpada orientada al occidente, hacia el oriente la sierra desciende a una región con grandes mesetas; por sus condiciones geológicas y fisiográficas se propicia la formación de cañones profundos.

Por lo anterior la zona del acuífero pertenece a la subprovincia “Mesetas y Cañadas del Sur” la cual, como se mencionó anteriormente está formada por una superficie

extensa de gran meseta con valles y de cañón.

2.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de Koppen, modificada por E. García (1981), para las condiciones de la República Mexicana, el clima que predomina en la mayor parte del acuífero es el semicálido subhúmedo ((A)C(wo)), con temperatura media anual entre los 18 y 22°C, régimen de lluvias de verano en el que el periodo de máxima precipitación se presenta en el periodo de junio a octubre, otros climas que se registran en las inmediaciones del acuífero corresponden al templado subhúmedo (C(w1)) y semicálido subhúmedo ((A)C(w1)).

Para la determinación de las variables climatológicas se analizó la información de 10 estaciones climatológicas que tienen influencia en la superficie del acuífero determinada por medio del método de polígonos de Thiessen, estas estaciones son: Tenzompa, Bolaños, Huejuquilla el alto y El Pinito en el estado de Jalisco; San Pedro de la Sierra, Las Animas, El Platanito y Potrero de Gallegos en Zacatecas; Chapalacana y Huajimic en Nayarit con registros para el periodo 1982-2001 (20 años), donde se determinan los valores promedio anuales de precipitación y temperatura que son de **675.8 mm** y **19.8 °C** respectivamente.

2.3 Hidrografía

El área cubierta por el acuífero se encuentra ubicada dentro de la Región Hidrológica 12 "Lerma-Santiago", que cubre el 50.8 % de la superficie del estado de Jalisco., pertenece a la subregión Hidrológica río Bajo Santiago, cuenca del río Huaynamota, subcuencas río San Juan, río Atengo y río Huejuquilla.

La cuenca del río Huaynamota drena una superficie aproximada de 5,249 km²: El cauce principal de esta corriente se forma principalmente con los escurrimientos del río san Juan que nace en la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango. Al transitar por el estado de Zacatecas y la porción de Jalisco recibe el nombre de río San Juan Capistrano o Chapalagana y al final río Atengo, el afluente más caudaloso dentro del territorio que abarca el acuífero, por su condición continua o que no se interrumpe, su corriente es denominada perene.

2.4 Geomorfología

El paisaje de esta subprovincia está formado por altas mesetas, que son interrumpidas

abruptamente por cañones que son resultado de erosión fluvial sobre diversos tipos de roca volcánica ácida que constituyen la Sierra, predominando la tectónica de bloques paralelos, separados por valles longitudinales.

3. GEOLOGÍA

El acuífero litológicamente está constituido por rocas ígneas extrusivas del Cenozoico, representadas por riolita-ignimbrita y toba riolítica del Paleoceno-Eoceno. Al norte del acuífero se localizan afloramientos de basaltos y aluvión del Cuaternario Pleistoceno-Holoceno (figura 2).

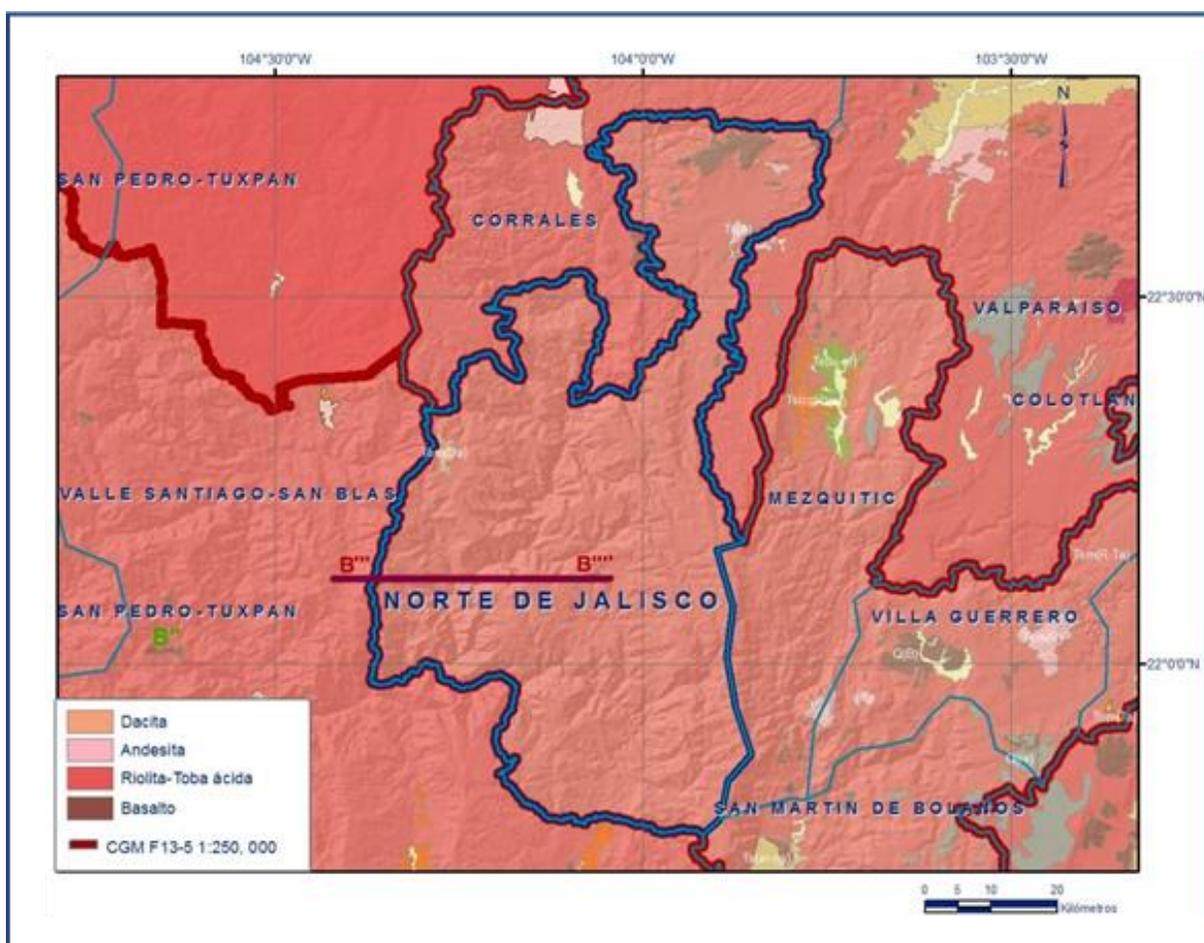


Figura 2. Geología general del acuífero

3.1 Estratigrafía

Las rocas más antiguas están constituidas por la serie volcánica inferior de la Sierra Madre Occidental, cubriendo a estas mismas se depositó el paquete volcánico superior de la Sierra, a continuación, se describen brevemente las unidades litológicas

presentes en el acuífero.

Cenozoico Inferior

Eoceno

Sobreyaciendo en discordancia erosional a una secuencia de metasedimentos compuestos por pizarras y filitas metamorizadas, durante el Eoceno se depositan las rocas más antiguas dentro del acuífero en una serie volcánica inferior de la Sierra Madre Occidental, representada por rocas intermedias, principalmente derrames y tobas de composición andesíticas (TeoA-TA). En la zona del acuífero éstas afloran esporádicamente subyaciendo a las riolitas y tobas ácidas, en la zona del este de Huejuquilla el Alto.

Cenozoico Medio

Oligoceno-Mioceno

A finales del Oligoceno y hasta el Mioceno cubriendo a las unidades anteriores en discordancia erosional se deposita el paquete volcánico superior de la Sierra Madre Occidental, de composición ácida y constituido por riolitas, tobas e ignimbritas. Los afloramientos de esta unidad abarcan la mayor parte de la Sierra. También están presentes las dacitas del Cenozoico Inferior-Medio contemporáneas de las andesitas, que a veces se interponen entre éstas y las riolitas posteriores del Cenozoico Medio. Se diferencian fundamentalmente de otras rocas intermedias por la coloración gris y la matriz cinerítica fina que aloja a los fenocristales calcosódicos. Este afloramiento se localiza en la parte oeste del acuífero.

Las tobas ácidas forman parte de la serie riolítica miocénica; por tratarse de rocas volcánicas piroclásticas y, por tanto, más livianas que las lavas, están compuestas por gravas, arenas y limos volcánicos fuertemente compactados. Estos materiales cubren a las lavas riolíticas y afloran en la superficie de los altiplanos. Son las rocas más abundantes, junto con las riolitas en general, en toda la Sierra Madre Occidental.

Cenozoico superior

Plioceno

En el plioceno superior se desarrollaron eventos volcánicos de composición basáltica de los cuales, quedaron como evidencia algunos derrames esporádicos como se muestra en el norte del acuífero.

3.2 Geología estructural

Conforme a la presencia de las rocas ígneas y a la disposición de las mismas, como resultado de una larga evolución geológica caracterizada por la sucesión o alternancia de períodos de actividad volcánica o extrusiva y períodos de actividad tectónica, en esta parte de la Sierra Madre Occidental se han desarrollado los relieves de montañas de bloques, mesetas, fosas tectónicas y localmente cuencas sedimentarias. Estas rocas metamorizadas presentan una estructuración planar bien desarrollada, en ocasiones puede apreciarse una segunda foliación. La orientación preferencial de la primera foliación es NW-SE con inclinación variable al NE y al SW.

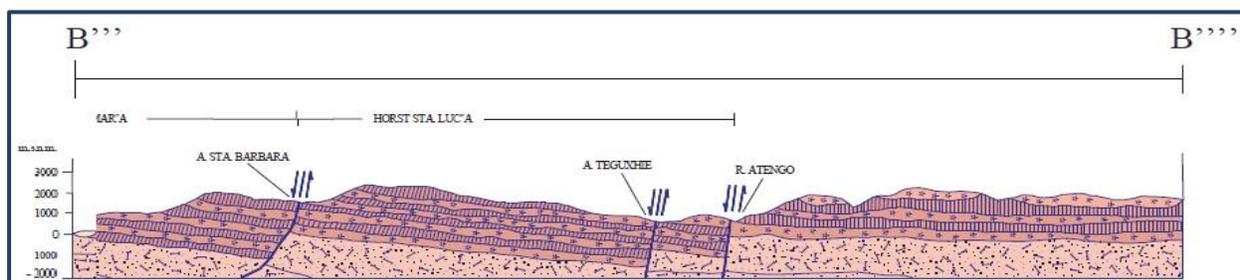
La geometría indica que la foliación se encuentra plegada; y este plegamiento estaría asociado a la segunda fase, la estructuración descrita también está asociada a las cabalgaduras que afectan a las rocas mesozoicas, del Cretácico superior- Cenozoico inferior. Los lineamientos de mayor importancia presentan rumbos NNE y NNW, con longitudes de 5 a 50 km y curvilineamientos de 5 a 10 km de diámetro.

3.3 Geología del subsuelo

De acuerdo con la geología superficial y la información de cortes litológicos se determina que el acuífero está constituido de la siguiente manera:

Porción superior: por un paquete volcánico de composición ácida constituido por riolitas, tobas e ignimbritas; este relleno tiene un espesor aproximado de 150 m.

Porción inferior: El basamento del acuífero es muy posible que sea de tipo andesítico, que es la roca ígnea más antigua que se ha detectado en la Sierra Madre Occidental, así como en las cercanías del acuífero (figura 3).



Fuente: Carta Geológico-Minera F13-5 "Escuinapa" Esc. 1: 250,000 (SGM, 1999)

Figura 3. Sección geológica esquemática

4. HIDROGEOLOGÍA

4.1 Tipo de acuífero

Las evidencias geológicas e hidrogeológicas permiten establecer que el sistema del acuífero es de **tipo libre**, debido a que la composición volcánica en la que se encuentra, está constituida por rocas ignimbritas, tobas y riolitas que representan la zona permeable que permite la recarga del acuífero.

La roca que subyace al acuífero corresponde a la roca más antigua detectada en la Sierra Madre Occidental de tipo andesítico, esta roca ígnea se considera constituye el basamento del acuífero.

5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

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:

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

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas están representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa por el cambio de almacenamiento del acuífero:

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

5.1 Entradas

Las entradas al acuífero Norte de Jalisco están integradas básicamente por la recarga natural que se produce por la infiltración de la lluvia (Rv). No existe información piezométrica actual ni histórica que cubra la zona del acuífero. La escasa información disponible, procedente de recorridos de campo hechos se encuentra dispersa en tiempo y espacio, de tal manera que no es posible extrapolarla para elaborar configuraciones del nivel estático que permitan el planteamiento de un balance de aguas subterráneas.

Por estas razones, se optó por plantear el balance hidrometeorológico en la superficie de **3,448.9 km²** del acuífero para estimar el volumen de agua susceptible de infiltrarse para recargar al acuífero.

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 del acuífero, mediante la siguiente expresión:

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

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:

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

El volumen de lluvia que se precipita en la superficie cubierta por el acuífero se obtiene al multiplicar su área (3,448.9 km²) por la lámina de precipitación media anual (675.8 mm):

$$V_{LL} = 3,448.9 \text{ km}^2 (0.6758 \text{ m}) = 2,330.8 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó la ecuación empírica de Turc, considerando el valor medio anual de precipitación de 675.8 mm y temperatura de 19.8 °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:

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

ETR = Evapotranspiración real, en mm;

P = Precipitación media anual, en mm;

T = Temperatura media anual, en °C;

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 **610 mm anuales**.

Por lo tanto, el volumen de ETR es:

$$V_{ETR} = 3,448.9 \text{ km}^2 (0.610 \text{ m}) = 2,103.5 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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 de 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:

$$\begin{array}{l} \text{VOLUMEN ANUAL DE} \\ \text{ESCURRIMIENTO} \\ \text{NATURAL DE LA} \\ \text{CUENCA} \end{array} = \begin{array}{l} \text{PRECIPITACION} \\ \text{ANUAL DE LA} \\ \text{CUENCA} \end{array} * \begin{array}{l} \text{AREA DE LA} \\ \text{CUENCA} \end{array} * \begin{array}{l} \text{COEFICIENTE DE} \\ \text{ESCURRIMIENTO} \end{array}$$

El coeficiente de escurrimiento (C_e) 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 y Geografía, 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	TIPO DE SUELO	TIPO DE SUELO
	A	B	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
Camino	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3
TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS		
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 Norte de Jalisco predominan los siguientes tipos de suelo: Acrisol, Cambisol, Feozem, Litosol, Luvisol y Regosol que se clasificaron en dos tipos de suelo: A y C (figura 4).

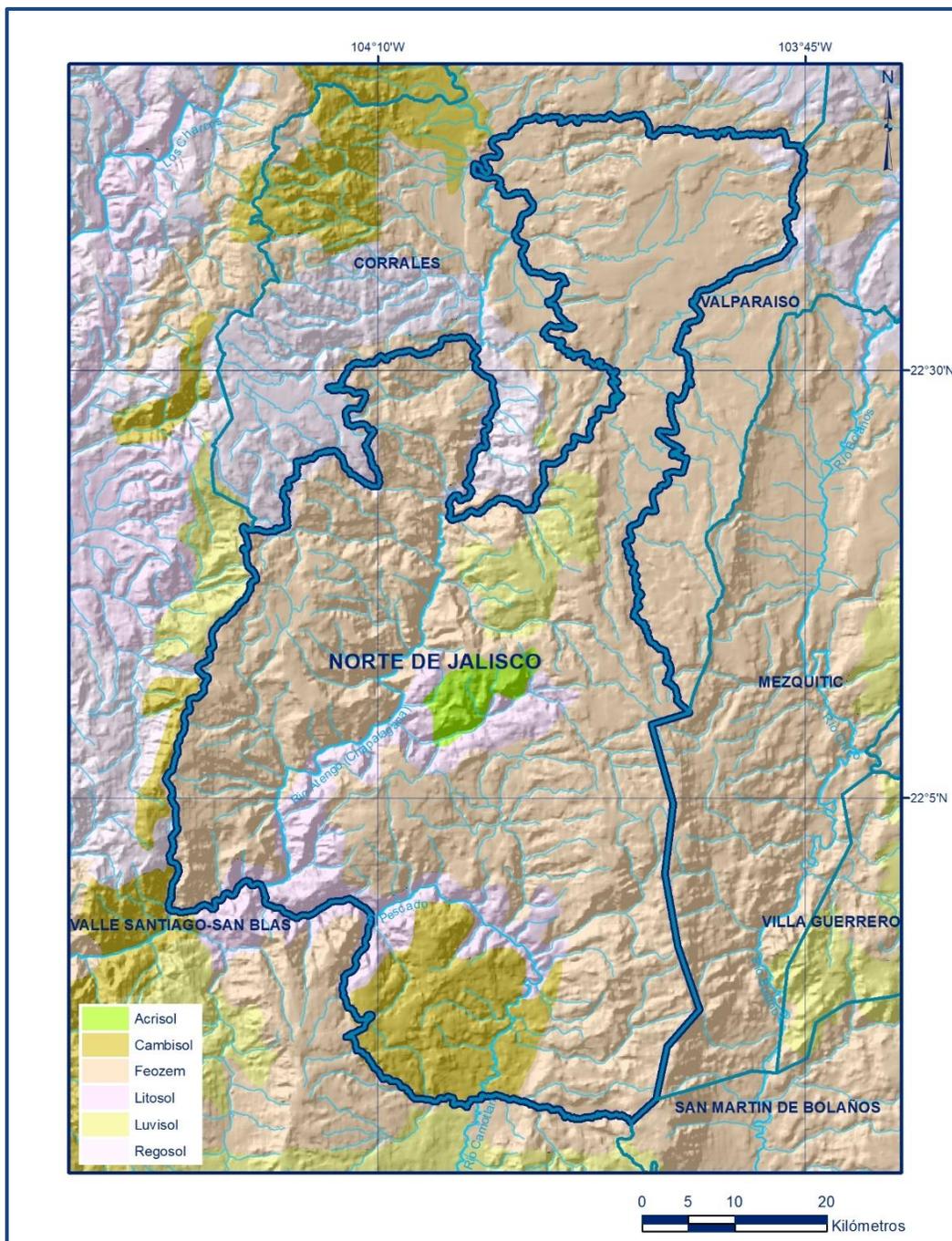


Figura 4. Tipo de suelo

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 siete usos de suelo diferentes: agricultura, asentamientos humanos, bosque, cuerpos de agua, otros tipos, pastizal y selva (figura 5).

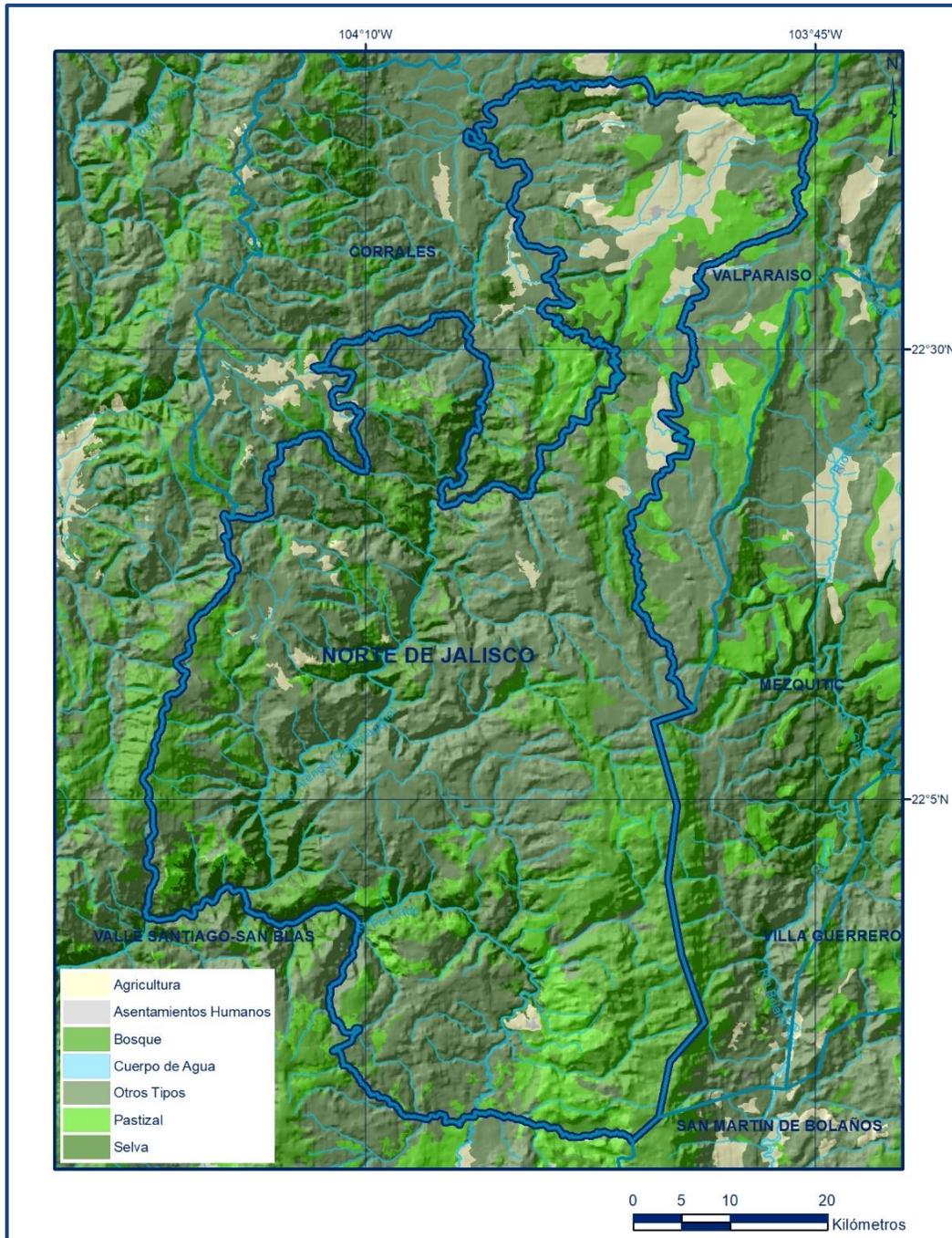


Figura 5. Uso de Suelo

De esta manera, el valor de K se obtuvo como promedio ponderado y es igual a 0.18, valor que se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento (C_e):

$$C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5$$

$$C_e = 0.056$$

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

$$V_{ESC} = 0.056 (2,330.8 \text{ hm}^3) = 130.5 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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

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

$$V_{INF} = 2,330.8 - 2,103.5 - 130.5$$

$$V_{INF} = 96.8 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 2,330.8 hm³/año, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.0415.

De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es de 96.8 hm³/año en los 3,448.9 km² de superficie del acuífero.

Por lo que la **Rv = 96.8 hm³ anuales**

5.2 Salidas

La descarga de un acuífero puede ocurrir principalmente por bombeo (B), salidas por flujo subterráneo (Sh), caudal base de un río y a través de manantiales (DM). Para el caso del acuífero Norte de Jalisco las salidas corresponden a los volúmenes tomados a través de manantiales concesionados y la extracción por bombeo.

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 **2.9 hm³ 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:

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

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

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 en recarga vertical. Para este caso, el valor estimado de esta recarga total media anual que recibe el acuífero es de **96.8 hm³ anuales**.

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.

Para el caso del acuífero Norte de Jalisco se considera que el valor de la descarga natural comprometida corresponde a los volúmenes de manantiales concesionados con un valor de **89.7 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 (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 **2'914,435 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 **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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= \text{R} - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 96.8 - 89.7 - 2.914435 \\ \text{DMA} &= 4.185565 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe disponibilidad de **4'185,565 m³ anuales** para otorgar nuevas concesiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

Servicio Geológico Mexicano, 1999. Carta Geológico-Minera F13-5, "Escuinapa", Nayarit, Durango, Zacatecas, Sinaloa y Jalisco, escala 1: 250,000.