



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO SANTA RITA-CRUZ DE ELORZA (1922),
ESTADO DE NUEVO LEÓN**

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.....	6
2.4 Geomorfología.....	6
3. GEOLOGÍA.....	6
3.1 Estratigrafía.....	7
3.2 Geología estructural.....	10
3.3 Geología del subsuelo.....	10
4. HIDROGEOLOGÍA.....	11
4.1 Tipo de acuífero.....	11
5. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	11
5.1 Entradas.....	12
5.1.1 Recarga vertical (Rv).....	12
5.2 Salidas.....	18
5.2.1 Bombeo (B).....	18
6. DISPONIBILIDAD.....	18
6.1 Recarga total media anual (R).....	19
6.2 Descarga natural comprometida (DNC).....	19
6.3 Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS).....	19
6.4 Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	20
7. BIBLIOGRAFÍA.....	21

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 Santa Rita-Cruz de Elorza, definido con la clave 1922 en la Comisión Nacional del Agua, se localiza en la porción sur del estado de Nuevo León, entre las coordenadas 23°22' y 24°24' de latitud norte y 100°12' y 100°35' de longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 2297.68 km² (figura 1).

Limita al norte con el acuífero Navidad-Potosí-Raíces y El Peñuelo-San Jose El Palmar en el estado de Nuevo León; al sur con el acuífero Matehuala-Huizache en el estado de

San Luis Potosí; al este la colindancia es con los acuíferos Sandia-La Unión y Doctor Arroyo en Nuevo León; y en dirección oeste con los acuíferos Cedral-Matehuala y Matehuala-Huizache en el estado de San Luis Potosí.

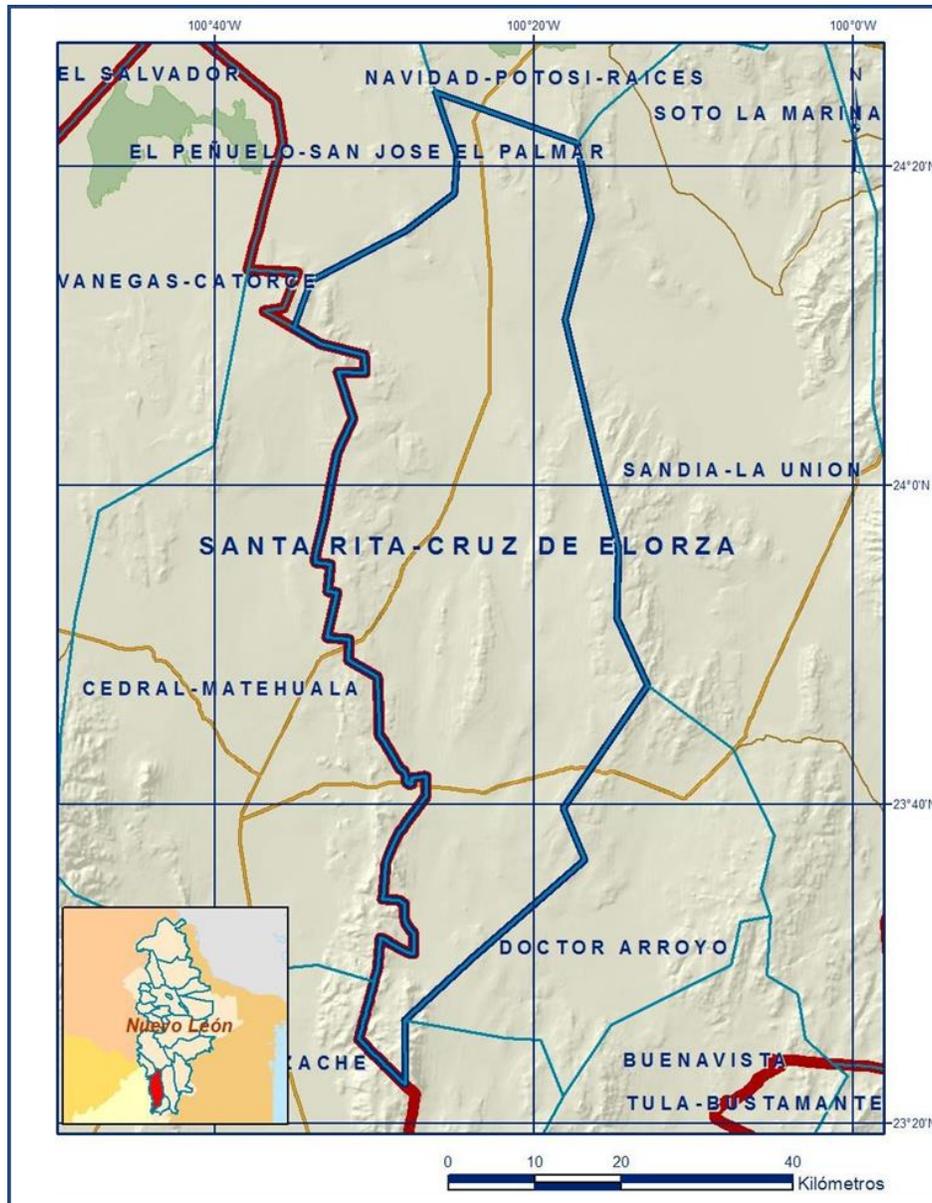


Figura 1. Localización del acuífero

Geopolíticamente el acuífero se localiza en los municipios del estado de Nuevo León, Doctor Arroyo y Galeana.

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices

cuyas coordenadas, se presentan en la tabla 1.

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

ACUIFERO 1922 SANTA RITA-CRUZ DE ELORZA							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	100	35	4.6	24	9	50.8	
2	100	33	59.2	24	12	48.8	
3	100	27	58.1	24	15	58.7	
4	100	24	59.4	24	18	14.7	
5	100	24	48.8	24	20	42.1	
6	100	26	9.0	24	24	37.7	
7	100	17	19.0	24	21	26.0	
8	100	16	23.9	24	16	45.2	
9	100	18	5.0	24	10	24.2	
10	100	14	41.1	23	56	1.9	
11	100	14	48.2	23	51	40.8	
12	100	12	51.9	23	47	27.0	
13	100	18	9.7	23	39	47.3	
14	100	16	48.3	23	36	32.6	
15	100	23	47.5	23	30	27.8	
16	100	28	6.3	23	26	29.3	
17	100	28	5.1	23	22	28.6	DEL 17 AL 1 POR EL LIMITE ESTATAL
1	100	35	4.6	24	9	50.8	

1.2 Situación administrativa del acuífero

El acuífero Santa Rita-Cruz de Elorza pertenece al Organismo de Cuenca VII “Cuencas Centrales del Norte”, y al Consejo de Cuenca Del Altiplano instalado el 23 de noviembre de 1999. Una parte pequeña del norte del territorio del acuífero se encuentra sujeto a la disposición de un decreto de veda “Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en la superficie comprendida dentro del límite geopolítico del Municipio de Galeana, Edo. de Nuevo León, para el mejor control de las extracciones, uso y aprovechamiento de aguas del subsuelo en dicha zona”, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 7 de julio de 1978. Esta veda es de tipo II, en las que la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite extracciones para usos domésticos.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 4.

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 Oriental”, esta zona también se encuentra

clasificada en la subprovincia “Sierras y Llanuras Occidentales”.

La provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental es un sistema montañoso, constituido principalmente de rocas mesozoicas sedimentarias plegadas, extendido desde el norte de Coahuila hasta el paralelo 20 en la costa de Veracruz. Aunque la estructura geológica es homogénea en toda su extensión, el relieve presenta diferencias notables debido a las condiciones climáticas que son gradualmente húmedas hacia el Sur. Por esto, en el Norte son comunes los relieves de crestas alargadas limitadas con pedimentos o disecadas por valles intermontanos, controlados por la estructura geológica.

La subprovincia “Sierras y Llanuras Occidentales” comprende el occidente de la mitad sur de la Sierra Madre Occidental. En esta subprovincia se tienen sierras en las que predominan rocas calizas, orientales norte-sur y generalmente enlazadas por brazos cerriles que siguen la misma dirección o son oblicuos a las sierras. Esta configuración produce una especie de red de sierras entre las cuales hay espacios planos (llanuras) cubiertos de aluvión. Las llanuras del norte se encuentran a unos 2,000 msnm; las del sur, a unos 1,500 m.

2.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por E. García (1981), para las condiciones de la República Mexicana, el clima que predomina con la superficie de mayor área en el acuífero es el árido templado (BSok(x')) de temperatura del mes más frío entre los -3 y 18 °C y menor de 22 °C en el mes más caliente, con lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvias invernales mayores al 18% del total anual; otros climas que se registran son: el semiárido templado (BS1k(x')) de temperatura media anual entre los 12 y 18 °C, registros de temperatura del mes más frío de entre -3 y 18°C, lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual; el semiárido semicálido (BS1h(x')) de temperatura media anual mayor a los 18 °C, temperatura del mes más frío menor a los 18 °C y precipitaciones repartidas todo el año.

Para la determinación de las variables climatológicas se analizó la información de 8 estaciones climatológicas que tienen influencia en la superficie del acuífero determinada por medio del método de polígonos de Thiessen, estas estaciones son: Las Margaritas (19151), Mier y Noriega SMN (19046), San Antonio Peña Nevada (19159),

Santa Ana (19138), El Refugio de los Ibarra (19079) y santa Rosa (19059) en el estado de Nuevo León; Matehuala (24024) y el Carmen (24162) en el estado de San Luis Potosí, con registros para el periodo 1989-2010 (21 años), donde se determinan los valores ponderados promedio anuales de precipitación y temperatura que corresponden a **361 mm** y **18.0 °C** respectivamente.

2.3 Hidrografía

El territorio que comprende el acuífero se encuentra ubicado dentro de la Región Hidrológica No. 37 “El Salado”, Subregión Hidrológica del mismo nombre, subcuencas, El Soldado, Los Medina, San Juan del Palmar-Puerta Vieja, Jesús María de Berrones, La Tapona de Camarillo-San Diego, Doctor Arroyo y pequeñas áreas de la subcuenca Arista-Matehuala. La hidrografía de la zona se define por afluentes denominados arroyos varios como Arroyo Colorado, Arroyo del Pame, Arroyo Tebaida, Arroyo de Javier Grande, Arroyo del Villano, La Trinidad, etc.

2.4 Geomorfología

Los paisajes están formados por Sierras y Llanuras, compuestos por un sistema montañoso de forma plegada, con relieves de crestas alargadas limitadas por valles intermontanos. La característica de las Sierras de la zona es estar entrelazadas por brazos cerriles que siguen una misma dirección o son oblicuos a las sierras, esta configuración produce una especie de red de Sierras entre las cuales hay espacios planos que forman las llanuras de la subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales.

3. GEOLOGÍA

El acuífero litológicamente se encuentra constituido por estratos de diferentes formaciones, las rocas más antiguas corresponden a formaciones compuestas de caliza y limolita-caliza. Concordantemente se estratifican limolitas con lutitas, areniscas calcáreas y calizas arcillosas; se caracteriza por sus concreciones calcáreas, horizontes carbonosos y de fosforita. Seguidos por mas estratos de caliza, caliza arcillosa y margas de estratificación mediana, con intercalaciones de lutita y estratos constituidos por un paquete de calizas arcillosas, lutitas calcáreas y limolitas; en los estratos de caliza se observan nódulos y bandas de pedernales de color negro. Estos estratos están cubiertos de sedimentos continentales, brechas conformadas por clastos de caliza de diversa granulometría y cementante calcáreo-arcilloso conformados de arcillas, arenas de grano fino, y localmente se observan lentes de conglomerado semiconsolidado y mal clasificados (figura 2).

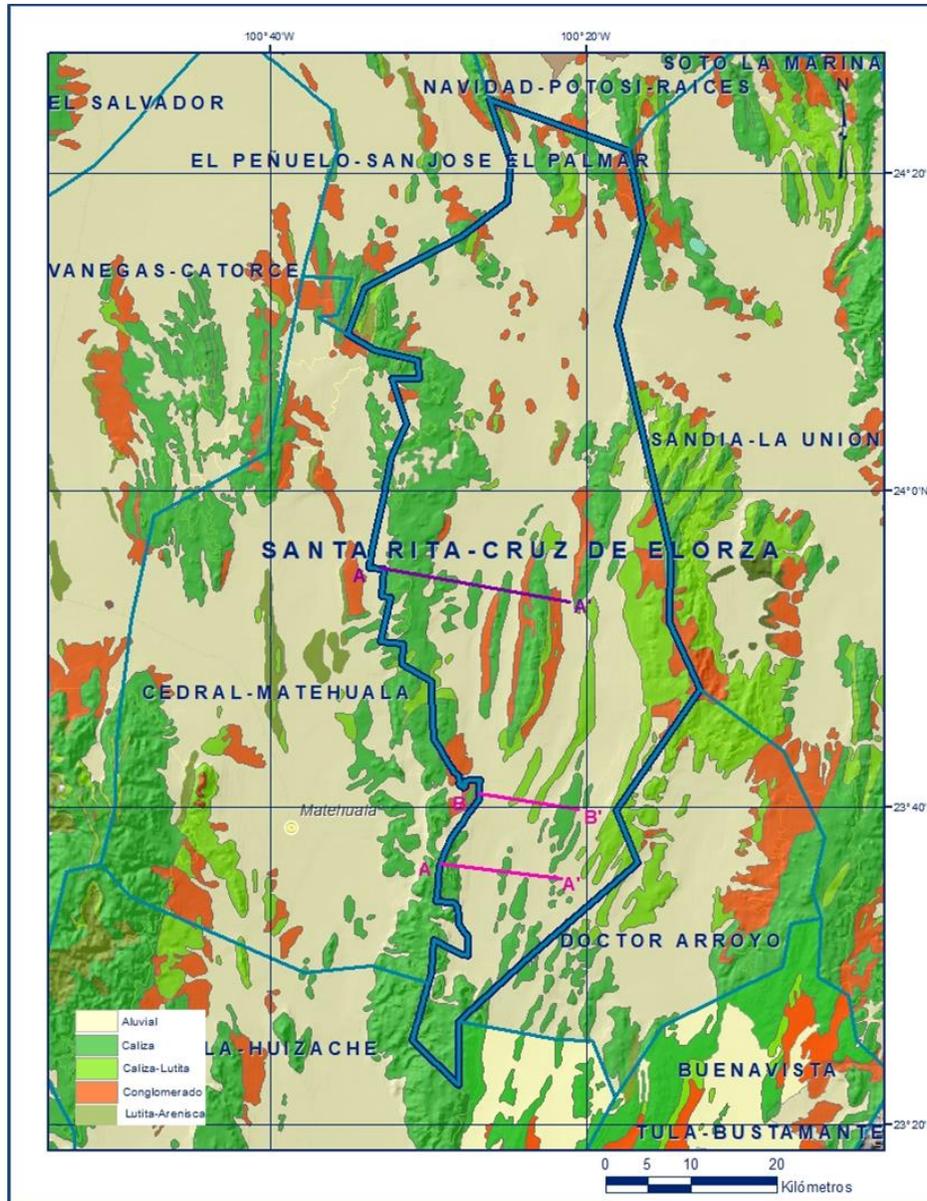


Figura 2. Geología general del acuífero

3.1 Estratigrafía

A continuación, se describen brevemente las unidades litológicas presentes en la superficie del acuífero. La zona queda comprendida entre los elementos paleogeográficos Cuenca Mesozoica del Centro de México (CMCM) y Plataforma Valles San Luis Potosí (PVSLP). Las unidades de la cuenca van del Jurásico superior al Cretácico superior.

Jurásico Superior

Kimmeridgiano-Tithoniano

Las rocas más antiguas de la cuenca (CMCM) están representadas por calizas (JokCz) de la Formación Zuloaga, con afloramientos restringidos en los sectores norte-centro y nor-este. Se presentan en forma masiva y en estratos gruesos, y a la base se observan yesos. No se observa la base y a la cima es cubierta en forma concordante, por la Formación La Caja (JktLm-Cz), que aflora restringidamente al norte-centro del territorio. Se conforma de limolitas que se interestratifican con lutitas, areniscas calcáreas y calizas arcillosas; se caracteriza por sus concreciones calcáreas, horizontes carbonosos y de fosforita. Estudios de fauna macro y micro en la cuenca, permiten su ubicación en el Kimmeridgiano-Tithoniano, la relación es concordante, con la Formación Taraises a la cual subyace.

Cretácico Inferior

Hauteriviano-Aptiano

De la Formación Taraises (KbehCz-Lu), los principales afloramientos se ubican en la parte media-oriente, conforma los núcleos anticlinales Cerrito de Vacas y Potrerillos. Está representada por caliza, caliza arcillosa y margas de estratificación mediana, con intercalaciones de lutitas; en partes presenta amonites y bivalvos, así como escasas concreciones de pirita, y nódulos de pedernal. Su alcance de ha documentado del Berriasiano-Hauteriviano. En sus reducidos afloramientos de la parte centro-norte se documentó la relación concordante, con la Formación La Caja, misma relación que presenta a la cima con la Formación Cupido (KhapCz).

La Formación Cupido, es de las unidades con mayor exposición, los principales afloramientos se tienen al centro-norte y oriente de la carta. Constituida por una secuencia de calizas de estratificación mediana a gruesa y en partes masiva, con estilolitas, nódulos de pedernal y belemnites. Edad Hauteriviano-Aptiano. Presenta lagunas relaciones por fallamiento normal, a la cima está en contacto concordante, con la Formación La Peña (KapCz-Lu), en los sectores central, y oriental.

Esta última constituida por lutitas calcáreas, limolitas y calizas interestratificadas, en estratos que van de laminares a delgados, presenta escasos cristales de pirita, lentes y bandas delgadas de pedernal negro a marrón, amonites en impresiones y completas. Se caracteriza por formar puertos de erosión suave y constituirse en espesores no mayores a 40 m.

Es cubierta concordantemente, por la Formación Cuesta del Cura (KaceCz-Lu), la cual

está formada por estratos delgados y medianos de calizas en forma de “boudinage” con lentes y bandas de pedernal negro, presenta interestratificación de lutitas de la parte media a la cima, y la edad es Albiano-Cenomaniano.

Cretácico Superior

Cenomaniano-Turoniano

En la cuenca, la Cuesta del Cura es cubierta, concordantemente, por la Indidura (KcetCz-Lu), constituida por un paquete de calizas arcillosas, lutitas calcáreas y limolitas; en los estratos de caliza se observan nódulos y bandas de pedernal color negro principalmente hacia la base, así como el fósil índice *Inoceramus labiatus* sp., la edad es Cenomaniano-Turoniano. Los depósitos en la cuenca concluyen con el depósito Flyshoide de la Formación Caracol (KcomAr-Lu), con sus mejores exposiciones en los límites oriente, poniente y central de la carta, ocupando partes bajas de sierras y la zona de valles. Cubre concordantemente a la Formación Indidura. La litología está compuesta por interestratificación de arenisca y lutita con horizontes erráticos de caliza arenosa.

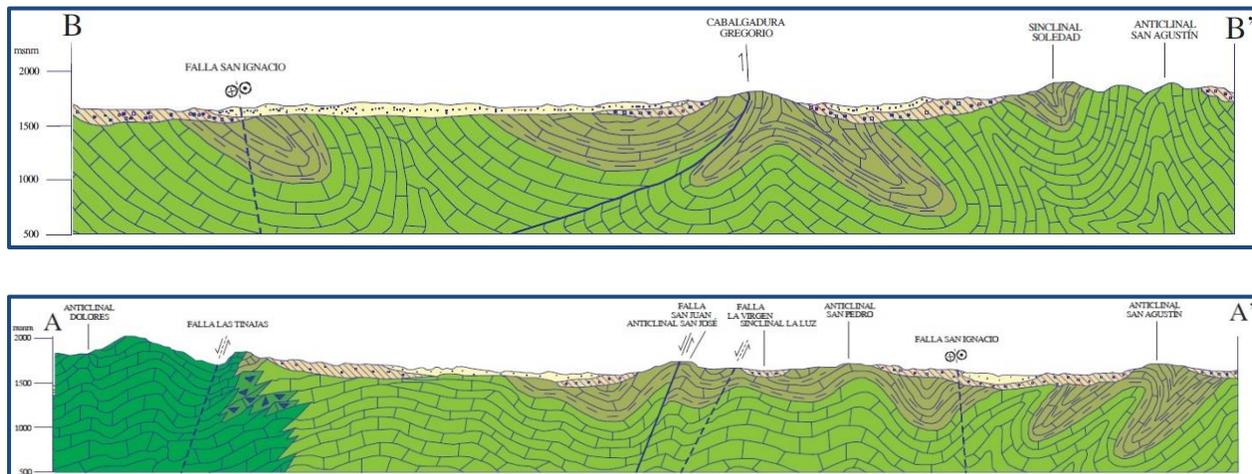
El elemento paleogeográfico de plataforma (PVSLP), está representado por la Formación El Abra.

El Abra (KassCz), está constituida por caliza y caliza dolomitizada, los estratos varían de 0.20 a 3 m de espesor con horizontes fosilíferos de miliólidos, nerineas, turritelas, rudistas (caprínidos y radiolíticos) y escasos corales, en los horizontes de caliza se observan nódulos y bandas de pedernal negro, café y blanco. Se considera de edad Albiano-Santoniano. Sus relaciones con las unidades de la cuenca, Cuesta del Cura, Indidura y caracol, son de interdigitación por cambios de facies lateral.

CENOZOICO

Oligoceno-Mioceno

La cobertura cenozoica es de sedimentos continentales, y la edad se considera en base a las relaciones estratigráficas. Del Paleógeno se tienen brechas oligomícticas (TpgBro), producto de la denudación de las unidades Cuesta del Cura y Cupido, conformadas por clastos de caliza de diversa granulometría y cementante calcáreo-arcilloso, se ubican en las laderas y partes bajas de las sierras. Del Oligoceno-Mioceno, se tienen depósitos lacustres (Tomla) conformados de arcillas, arenas de grano fino, y localmente se observan lentes de conglomerado semiconsolidado y mal clasificados.



Fuente: Carta Geológico-Minera F14-A25 "Matehuala". Esc. 1:50,000 (SGM, 2012)

Figura 3. Secciones geológicas esquemáticas

4. HIDROGEOLOGÍA

4.1 Tipo de acuífero

Las evidencias geológicas e hidrogeológicas permiten establecer que el sistema del acuífero es de **tipo libre a semiconfinado**, debido a que la composición predominante en el área del acuífero es de rocas calizas cubiertas por estratos de lutitas, limolitas, areniscas calcáreas y sedimentos continentales, brechas conformadas por clastos de caliza de diversa granulometría y cementante calcáreo-arcilloso conformados de arcillas, arenas de grano fino que conforman capas de semiconfinamiento.

Las fallas geológicas representadas en las secciones anteriores son las zonas de infiltración entre los estratos que funcionan como zonas de recarga 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:

Recarga total - Descarga total = Cambio de almacenamiento

5.1 Entradas

Las entradas al acuífero Santa Rita-Cruz De Elorza 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 **2,297.7 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:

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

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 (2,297.0 km²) por la lámina de precipitación media anual (361 mm):

$$V_{LL} = 2,297.0 \text{ km}^2 (0.361 \text{ m}) = 829.2 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

Por otro lado, para la estimación de la evapotranspiración real se utilizó la ecuación empírica de Coutagne, considerando los mismos valores de PMA y TMA.

COUTAGNE	$ETR = P - \chi P^2$
Donde:	
ETR= Evapotranspiración m/año	
P = precipitación en m/año	
$\chi = 1/(0.8 + 0.14 t)$	
t = temperatura en °C	

La fórmula solo es aplicable para valores de la precipitación media anual (P) comprendidos entre $1/8X$ y $1/2X$, estando ETR y P en metros, y T en °C. Si P es menor que $1/8\lambda$ la ETR es igual a la precipitación, es decir, no existe escurrimiento; si la precipitación es mayor que $1/2\lambda$ la ETR es prácticamente independiente de P y su valor está dado por: $ETR = 0.20 + 0.035 T$. Aplicando la fórmula de Coutagne se obtiene una lámina de evapotranspiración real de **333 mm anuales**.

Se optó por la estimación conservadora de la infiltración que se obtiene al tomar en cuenta la lámina de evapotranspiración obtenida con la fórmula de Coutagne, que es de 0.333 m anuales; por lo que el volumen de la ETR (V_{ETR}) es:

$$V_{ETR} = 2,297.0 \text{ km}^2 (0.333 \text{ m}) = 764.9 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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:

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

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, 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 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y se determina el uso actual del suelo.

Si K resulta menor o igual que 0.15

$$C_e = K (P-250) / 2000$$

Si K es mayor que 0.15

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

Donde:

P = Precipitación anual;

C_e = Coeficiente de escurrimiento anual;

K = Parámetro que depende del tipo, uso y cubierta del suelo;

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 Santa Rita-Cruz De Elorza predominan los siguientes tipos de suelo: Cambisol, Feozem, Litosol, Solonchak y Xerosol que se clasificaron en dos tipos de suelo: A y B (figura 4).

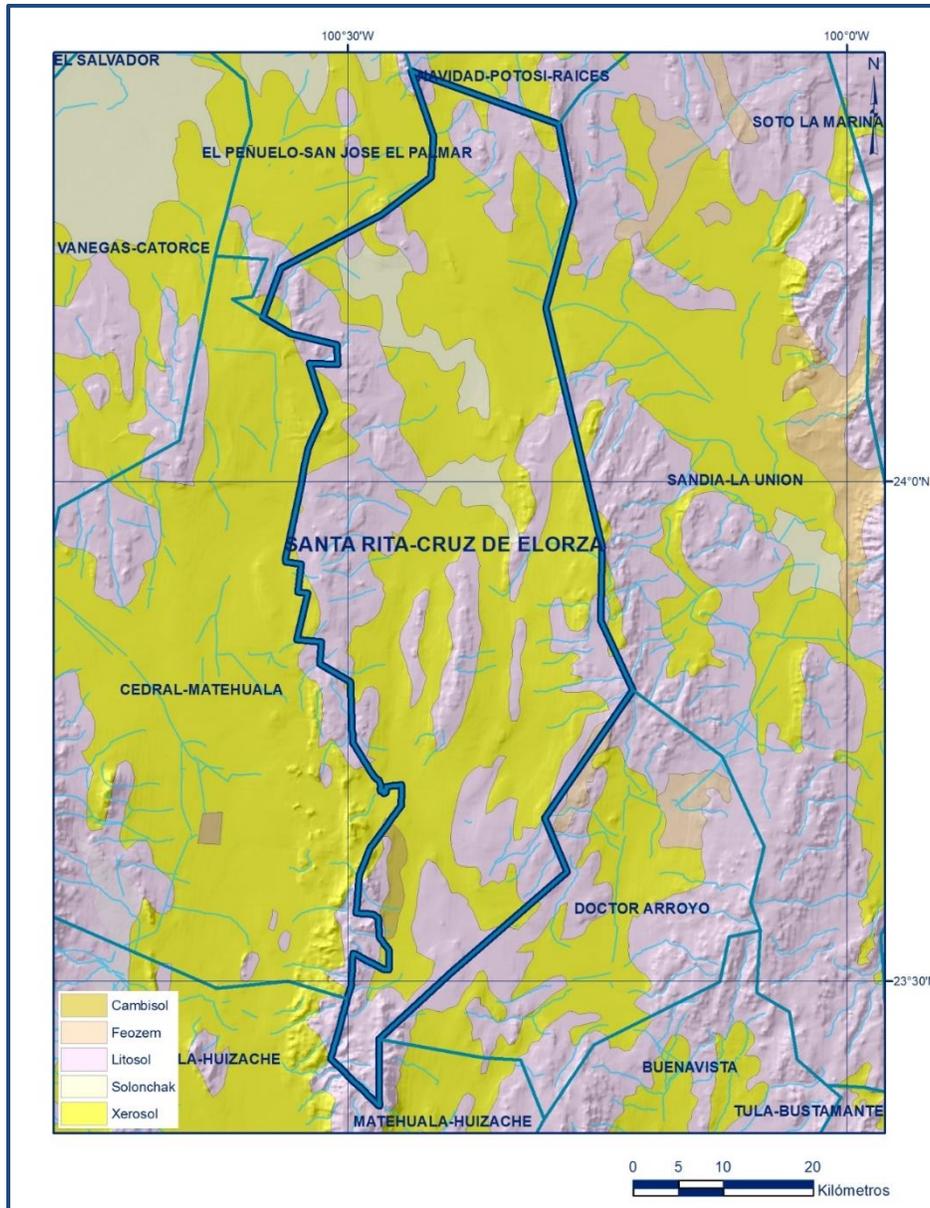


Figura 4. Tipo de suelo

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

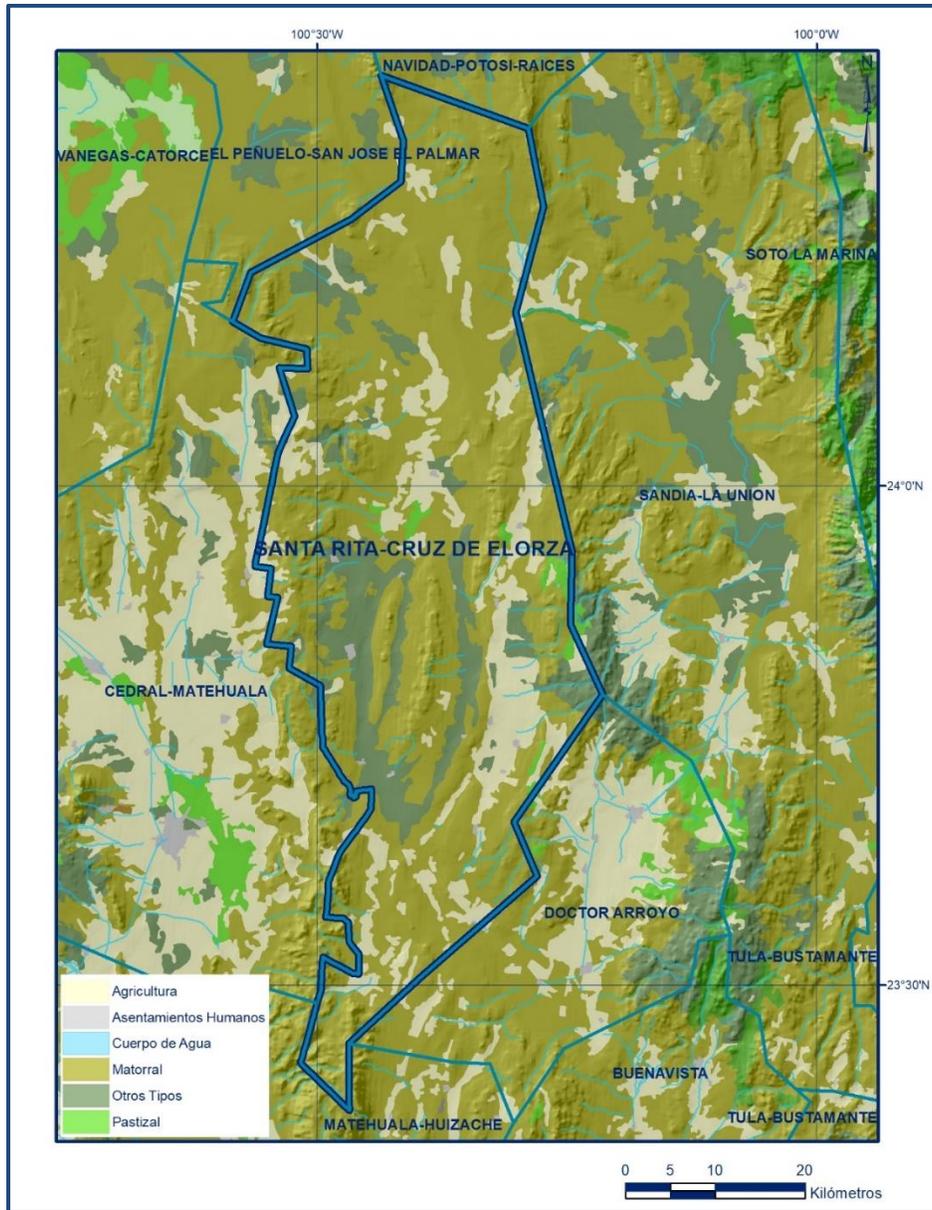


Figura 5. Uso de Suelo

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	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 esta manera, el valor de K se obtuvo como promedio ponderado y es igual a 0.26, valor que se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento (Ce):

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

$$\mathbf{Ce = 0.040}$$

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

$$V_{ESC} = 0.040 (829.2 \text{ hm}^3) = 33.2 \text{ hm}^3 \text{ anuales}$$

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

$$\begin{aligned} V_{INF} &= V_{LL} - V_{ETR} - V_{ESC} \text{ (2)} \\ V_{INF} &= 829.2 - 764.9 - 33.2 \\ V_{INF} &= 31.1 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

Al dividir el volumen promedio anual infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, que es de 829.2 hm³/año, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.0375. De acuerdo con lo anterior, el volumen susceptible de infiltrarse es de 31.1 hm³/año en los 2,297.0 km² de superficie del acuífero.

Por lo que la **Rv = 31.1 hm³ anuales**

5.2 Salidas

Las salidas de agua subterránea estimadas en este balance son las siguientes:

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). La descarga del acuífero Santa Rita-Cruz De Elorza corresponde a la que se da a través de la extracción registrada 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 **1.3 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:

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

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 **31.1 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 Santa Rita-Cruz De Elorza no se considera valor de descarga natural comprometida.

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 **1,362,187 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 31.1 - 0.0 - 1.362187 \\ \text{DMA} &= 29.737813 \text{ hm}^3 \text{ anuales} \end{aligned}$$

El resultado indica que existe disponibilidad de **29,737,813 m³ anuales** para otorgar nuevas concesiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2015. Carta Geológico-Minera “Cruz de Elorza” F14-A15, Escala 1: 50,000.

Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2012. Carta Geológico-Minera “Matehuala” F14-A25, Escala 1: 50,000.

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.