

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Nazas (1025), Estado de
Durango***

Publicada en el Diario Oficial de la Federación
20 de abril de 2015

Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea

Publicada en el diario oficial de la federación el 20 de Abril de 2015

El artículo 22 segundo párrafo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua, que se revisará al menos cada tres años; sujetándose a lo dispuesto por la LAN y su reglamento.

Del resultado de estudios técnicos recientes, se concluyó que existe una modificación en la disponibilidad de agua subterránea, debido a cambios en el régimen natural de recarga, volumen concesionado y/o descarga natural comprometida; por lo que se ha modificado el valor de la disponibilidad media anual de agua.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada en este documento corresponde a una fecha de corte en el **Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.**

CCCLXXXIV REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "CUENCAS CENTRALES DEL NORTE"

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					

ESTADO DE DURANGO

1025	NAZAS	113.6	65.9	47.700000	47.7	0.000000	0.000000
------	-------	-------	------	-----------	------	----------	----------

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.



Comisión Nacional del Agua

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD
DE AGUA EN EL ACUÍFERO NAZAS,
ESTADO DE DURANGO.***

1	GENERALIDADES.....	2
	Antecedentes.....	2
1.1	Localización.....	2
1.2	Situación administrativa del acuífero.....	4
2	ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD...	4
3	FISIOGRAFÍA.....	6
3.1	Provincia fisiográfica.....	6
3.2	Clima.....	6
3.3	Hidrografía.....	8
3.4	Geomorfología.....	9
4	GEOLOGÍA.....	10
4.1	Estratigrafía.....	10
4.2	Geología estructural.....	13
4.3	Geología del subsuelo.....	14
5	HIDROGEOLOGÍA.....	14
5.1	Tipo de acuífero.....	14
5.2	Parámetros hidráulicos.....	14
5.3	Piezometría.....	14
5.4	Comportamiento hidráulico.....	14
5.4.1	Profundidad al nivel estático.....	15
5.4.2	Elevación del nivel estático.....	16
5.4.3	Evolución del nivel estático.....	16
6	CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA.....	18
7	BALANCE HIDROMETEOROLOGICO.....	18
8	BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	20
8.1	Entradas.....	20
8.1.1	Recarga natural.....	20
8.1.1.1	Recarga vertical por lluvia.....	20
8.1.1.2	Recarga por infiltración de cauces.....	20
8.1.1.3	Flujo subterráneo horizontal.....	20
8.1.2	Recarga inducida.....	21
8.2	Salidas	22
8.2.1	Descarga natural.....	22
8.2.2	Bombeo.....	22
8.3	Cambio de almacenamiento.....	23
9	DISPONIBILIDAD.....	23
9.1	Recarga total media anual.....	23
9.2	Descarga natural comprometida.....	23
9.3	Rendimiento permanente.....	23
9.4	Volumen concesionado de aguas subterráneas.....	23
9.5	Disponibilidad de aguas subterráneas.....	23
10	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	24

1 GENERALIDADES

Antecedentes

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (LAN) contemplan que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) debe publicar en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la disponibilidad de las aguas nacionales, por acuífero en el caso de las aguas subterráneas, de acuerdo con los estudios técnicos correspondientes y conforme a los lineamientos que considera la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 “Norma Oficial Mexicana que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.

El método que establece la NOM indica que para calcular la disponibilidad de aguas subterráneas deberá de realizarse un balance de las mismas, donde se defina de manera precisa la recarga de los acuíferos, y de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDa).

El cálculo de la disponibilidad obtenida permitirá una mejor administración del recurso hídrico subterráneo ya que el otorgamiento de nuevas concesiones sólo podrá efectuarse en acuíferos con disponibilidad de agua subterránea. Los datos técnicos que se publiquen deberán estar respaldados por un documento en el que se sintetice la información necesaria, en donde quede claramente especificado el balance de aguas subterráneas y la disponibilidad de agua subterránea susceptible de concesionar, considerando los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el REPDa. La publicación de la disponibilidad servirá de sustento legal para fines de administración del recurso, para la autorización de nuevos aprovechamientos de agua subterránea, para los planes de desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, y en las estrategias para resolver los casos de sobreexplotación de acuíferos y la resolución de conflictos entre usuarios.

1.1 LOCALIZACIÓN

El acuífero Nazas quedó designado con la clave 1025. El área del acuífero comprende una superficie aproximada de 5,674 km², localizado en la porción noreste del estado de Durango, limitando con los acuíferos de Vicente Suárez, Ceballos y Las Zarcas-Revolución al norte, con San Juan del Río y Peñón Blanco al sur, Villa Juárez y Pedriseña-Velardeña por el este y La Victoria por el oeste. Figura No. 1.

Según las coordenadas geográficas reportadas en la tabla No. 1 se localiza entre los paralelos 24°57'43.6'' y 25°41'1.2'', y entre los meridianos 103°46'28.5'' y 104°45'48.4'' al oeste de Greenwich, como se puede ver objetivamente en la figura No. 1.

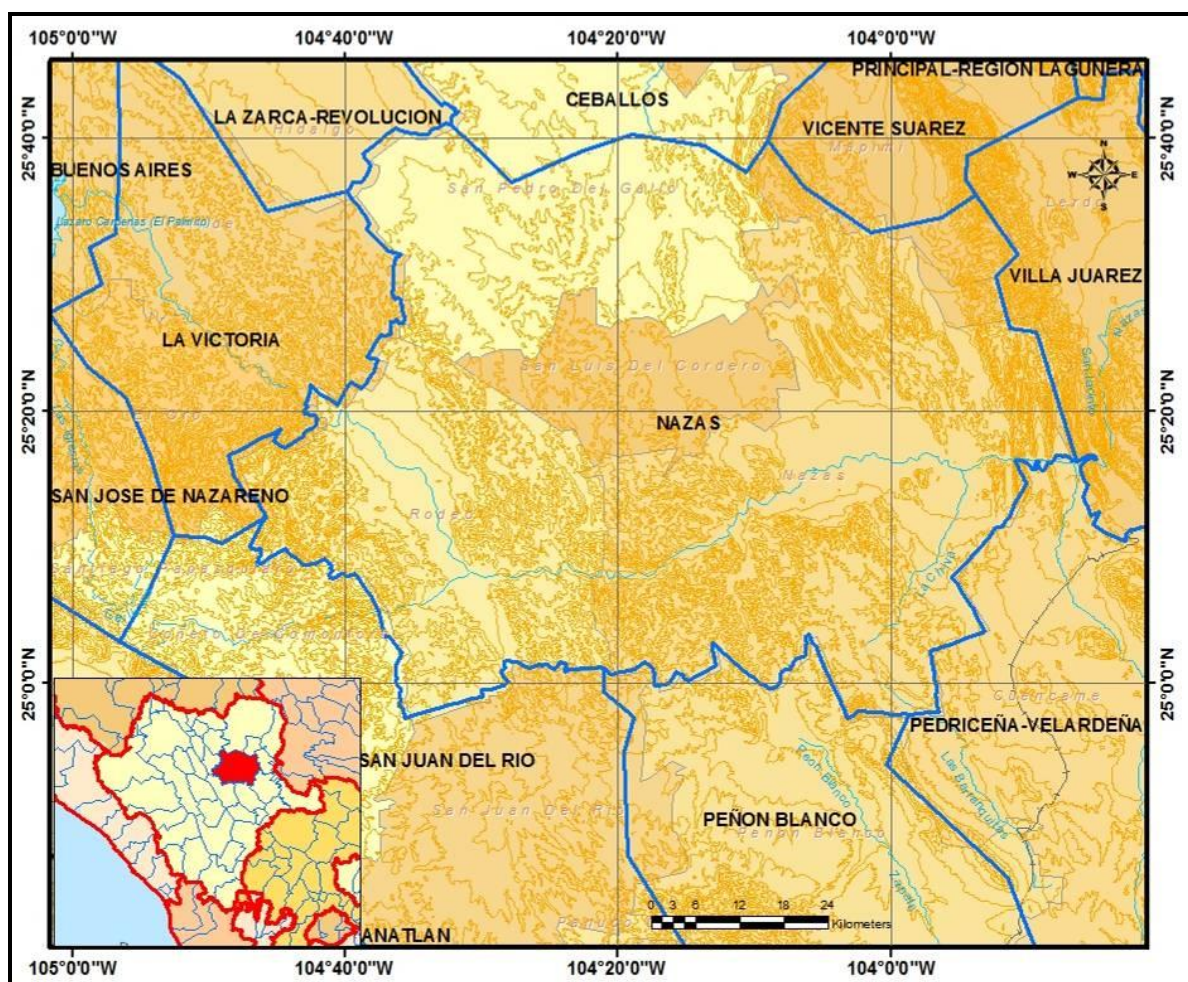


Figura No. 1. Localización del acuífero.

Tabla No. 1 Coordenadas que delimitan el acuífero

ACUIFERO 1025 NAZAS							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	104	39	50.2	25	36	3.4	DEL 1 AL 2 POR EL LIMITE MUNICIPAL
2	104	32	21.8	25	41	1.2	
3	104	30	19.7	25	39	8.6	
4	104	27	48.6	25	36	42.3	
5	104	22	51.2	25	38	58.8	
6	104	18	59.7	25	40	16.8	
7	104	13	40.4	25	39	25.6	
8	104	10	40.0	25	37	31.1	
9	104	9	5.0	25	39	45.1	
10	104	6	25.2	25	36	23.3	
11	104	1	29.2	25	33	0.5	
12	103	56	17.2	25	34	6.3	
13	103	53	48.5	25	35	46.3	
14	103	50	46.7	25	31	29.5	
15	103	52	18.6	25	29	47.3	
16	103	51	20.7	25	26	2.5	
17	103	49	21.5	25	25	42.1	
18	103	46	28.5	25	16	15.8	DEL 18 AL 19 POR EL LIMITE MUNICIPAL
19	103	58	44.9	24	57	43.6	DEL 19 AL 20 POR EL LIMITE MUNICIPAL
20	104	21	3.2	25	1	6.2	DEL 20 AL 21 POR EL LIMITE MUNICIPAL
21	104	45	48.4	25	12	12.8	DEL 21 AL 1 POR EL LIMITE MUNICIPAL
1	104	39	50.2	25	36	3.4	

Los municipios involucrados en el área del acuífero, son: Nazas, Rodeo y San Luis del Cordero, en forma parcial, San Pedro Gallo y una pequeña parte de los municipios de Mapimí, Lerdo e Hidalgo, todos del estado de Durango.

Entre las principales poblaciones que se localizan en el área del acuífero se encuentran: Nazas, Pueblo Nuevo, Lázaro Cárdenas, San Pedro del Gallo, Boquilla de Gerardo, San Luis del Cordero, San Juan de las Boquillas, Rodeo, Abasolo y Las Playas.

En la tabla No. 2 se muestran las estimaciones de la población a nivel municipal que la CONAPO, estimaba para el año 2005.

Tabla No. 2 Número de habitantes por municipio

Municipio	No. de Habitantes
Nazas	12,959
Rodeo	12,535
San Luis Cordero	2,137
San Pedro Gallo	1,869
Total	29,500

No se incluye el número de habitantes de los municipios de Mapimí, Lerdo e Hidalgo por participar sólo una pequeña proporción de su territorio, dentro de los límites del acuífero.

1.2 SITUACIÓN ADMINISTRATIVA DEL ACUÍFERO

El acuífero se encuentra vedado por un decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha 27 de marzo de 1981, cuyos artículos contienen lo siguiente:

Artículo Primero: Se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos el área que ocupa los límites geopolíticos de los municipios de Nazas, Rodeo, San Luis del Cordero, General Simón Bolívar y San Juan de Guadalupe, del estado de Durango, para el mejor control de las extracciones, alumbramiento y aprovechamiento de las aguas del subsuelo de dicha zona.

Artículo Segundo: Por causa de interés público se establece veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento de las aguas del subsuelo el área que ocupa los límites geopolíticos mencionados en el artículo anterior.

Artículo Tercero: excepto cuando se trate de extracciones para uso doméstico y de abrevadero que se realicen por medios manuales, desde la vigencia del presente decreto nadie podrá efectuar obras de alumbramiento de aguas del subsuelo dentro de la zona vedada, sin contar previamente con el correspondiente permiso de construcción otorgado por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, ni extraer o aprovechar las mencionadas aguas, sin la concesión o asignación que expida también, según el caso, la propia Secretaría.

El acuífero Nazas, pertenece a la Región Administrativa VII Cuencas Centrales del Norte, así como al Consejo de Cuenca 13 Nazas-Aguanaval, no cuenta con un Comité Técnico de Aguas Subterráneas.

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.

Condiciones geohidrológicas del acuífero Nazas, Región Lagunera Coah.-Dgo., elaborado en Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte. Este documento es un informe técnico de la situación del acuífero con objetivo de estimar el balance de aguas

subterráneas así como la disponibilidad de las mismas. En este documento se exponen los datos generales de la zona como localización, situación del acuífero, aspectos fisiográficos y de clima así como de hidrografía, geomorfología, geología, hidrogeología, censos de aprovechamientos, así como también un balance de aguas subterráneas y la disponibilidad del año 2000.

Se dispone de información Geológico-Minera del estado de Durango, publicada en Monografía por el consejo de Recursos Minerales en 1983 (Secretaría de Minas e Industria Paraestatal).

Estudio de reactivación de redes de monitoreo piezométrico de los acuíferos de los valles de: Ceballos, Villa Juárez y Nazas estado de Durango. Sus objetivos generales fueron:

Establecer una red de monitoreo simplificada y confiable para la obtención de información hidrogeológica-piezométrica de los acuíferos.

Conocer la evolución y la condición actual de los niveles del agua subterránea así como las tendencias que se presentan inducidas por causas naturales o antropogénicas.

Establecer un marco de referencia actualizado para identificar los cambios que generen los desarrollos futuros sobre las fuentes de agua subterránea.

Sus conclusiones más relevantes fueron:

El acuífero Nazas es de tipo libre y está conformado por un sistema multicapas de material granular no consolidado, constituido por gravas, arenas y arcillas, con espesores de entre 100 y 200 m que rellenan al valle, mismo que se encuentra rodeado por sierras de composición calcárea e ígnea.

La dirección del flujo subterráneo normada preferentemente por el Río Nazas, en dirección SW-NE, guarda especial importancia en la recarga río-acuífero durante 6 meses por año, cuando transita agua superficial a través del cauce del río, distinguiéndose adicionalmente, direcciones de flujo inducidas por la concentración del bombeo de pozos, con rumbo: NW-SE, N-S y SE-NW.

En la conformación de la red de flujo subterráneo, destacan elevaciones del nivel estático, de 1190 a 1250 msnm, con profundidades al nivel estático de 5 a 40 m; localizándose los valores menores, en algunos tramos a lo largo del río Nazas, hacia áreas aledañas a los poblados de Veinticinco de Diciembre, La Flor y Nazas, Estado de Durango.

De acuerdo a las características físicas de las unidades de roca aflorantes en el área, se clasificaron tres unidades en función de su permeabilidad como: alta, media y baja.

Las unidades de roca de alta permeabilidad en las que se emplaza el acuífero freático, están constituidas por material fluvial y aluvial y se distribuyen en el subsuelo como relleno del valle; la permeabilidad secundaria y media, es característica de las series sedimentarias de rocas calizas que conforman las sierras fracturadas circundantes, pertenecientes a la Formación Aurora, de Edad Cretácico Inferior; y la permeabilidad baja, es característica de las series sedimentarias referidas con contenidos arcillosos o estructura de rocas macizas compactas.

En cuanto al origen y edad del agua subterránea, se estima que ésta tenga un origen de reciente infiltración, dada la renovación cíclica en periodos semestrales, por efecto del tránsito

de avenidas de agua superficial, en promedio del orden de 1000 hm³, proveniente de la presa Lázaro Cárdenas, con destino a cultivos agrícolas comprendidos en el distrito de riego N° 17, lo cual permite la presencia de niveles someros de agua subterránea. Sin embargo, su datación precisa dependerá de efectuar estudios de isótopos ambientales para conocer la procedencia de la recarga de cada uno de los valles, tanto de las rocas calizas como de las ígneas ahí expuestas.

Así mismo, para tener un control del conocimiento de redes de flujo subterráneo y de la evolución de niveles de bombeo, referidos al nivel medio del mar, se estima necesario realizar levantamientos topográficos con estación total, para nivelación de las captaciones seleccionadas como pozos piloto de la red de monitoreo piezométrico, ya que se desconocen con exactitud los gradientes hidráulicos, y modificación de las propias redes de flujo subterráneo por efecto de bombeo.

Adicionalmente, se requiere caracterizar la calidad química del agua subterránea, en el acuífero, y conocer su evolución y variación debido a su utilización actual para fines de abasto de agua potable, para lo cual es necesaria la implementación de campañas regulares de muestreo del agua subterránea y su control estadístico.

3 FISIOGRAFÍA

3.1 PROVINCIA FISIAGRÁFICA

El acuífero Nazas queda comprendido en la provincia fisiográfica denominada Sierra Madre Occidental y en la Subprovincia Sierras y Llanuras de Durango, en otra clasificación fisiográfica, también pertenece en su porción Norte, a la provincia Sierras y Llanuras del Norte, Subprovincia Del Bolsón de Mapimí, así como también en una parte de la provincia Sierra Madre Oriental, Subprovincia Sierras Transversales.

3.2 CLIMA

El clima predominante de la región donde queda comprendido el acuífero Nazas, es del tipo Bwh muy seco semicálido, variando hacia la porción suroeste con un clima de tipo Bsh seco semicálido.

En las figuras 2 y 3 se muestra la localización de las estaciones climatológicas que se encuentran dentro del acuífero y en la tabla 3 se incluyen la precipitación y temperatura medias anuales para cada estación, así como el número de años con información.

Tabla No. 3. Valores medios de precipitación y temperatura registrados en estaciones climatológicas.

Estación		Precipitación media anual mm/año		Temperatura media anual °C	
		Promedio	Años con datos	Promedio	Años con datos
10049	NAZAS, NAZAS	365.0	30	20.6	31
10053	PEÑOLES, SAN PEDRO GALLO	337.5	26	17.3	26
10060	RODEO, RODEO	319.8	25	20.7	25
10069	S. LUIS DEL CORDERO(SMN)	301.0	34		2
10072	SAN PEDRO DEL GALLO(SMN)	332.8	20	19.9	20

10098	RODEO, RODEO (DGE)	391.9	44	20.0	44
10112	STA. ANITA, S.P. DEL GALLO	s/d	0	s/d	0
10118	ABASOLO E. TEC. AGROP 15		8	19.2	11
10132	SAN LUIS DEL CORDERO	320.9	20	20.7	20
10133	SAN PEDRO DEL GALLO		7		7
10140	LA CADENA, MAPIMI	291.1	14	21.3	14
10142	EL CASCO, SAN PEDRO G.	407.1	16	15.3	16
	Promedio	340.8		19.5	

Temperatura media anual

Con base a la información de la carta de temperaturas medias anuales de INEGI, la temperatura media anual es mayor en las inmediaciones del río Nazas, disminuyendo hacia las partes altas. De acuerdo con el análisis de las estaciones climatológicas, la temperatura media anual es de 19.5° C, sin tomar las estaciones 1069 y 1133 por sus pocos años de información, valor que es congruente con lo observado en la carta de temperaturas medias anuales y que se muestran en la tabla 2 y en la figura 2.

Precipitación media anual

De acuerdo con la información de isoyetas normales anuales de la República Mexicana CNA, son mayores en la parte sur del área, disminuyendo hacia el norte oscilando entre 250 y 400 mm/año. De acuerdo con el análisis de la información pluviométrica de las estaciones climatológicas, la precipitación media anual es de 340 mm, es congruente con lo observado en el mapa de isoyetas.

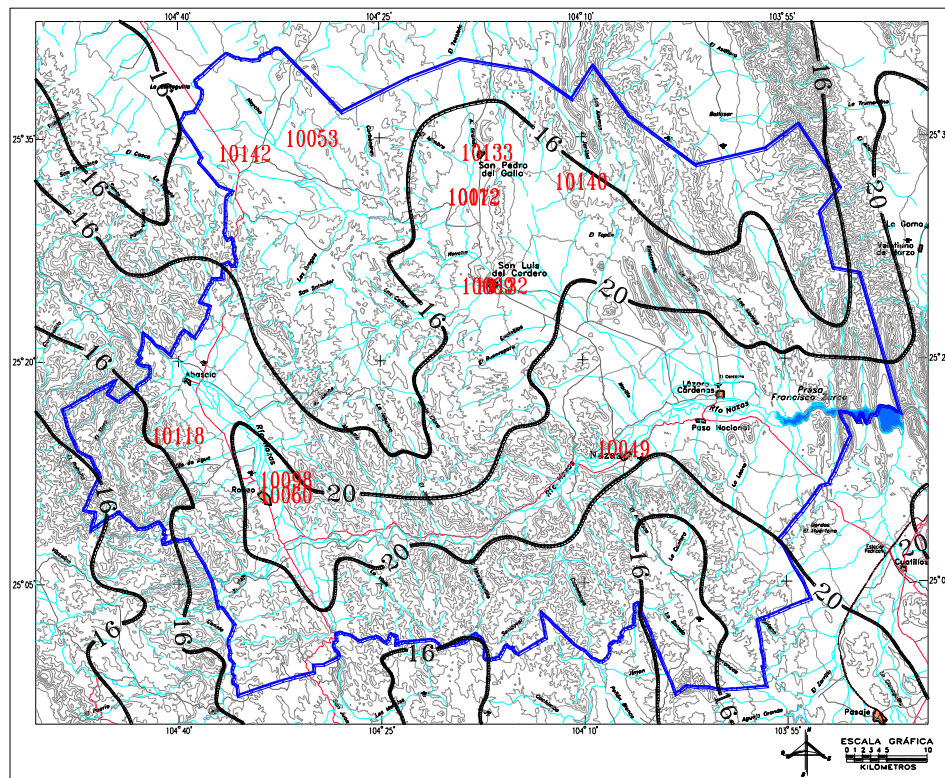


Figura No. 2. Isotermas medias anuales (°C)

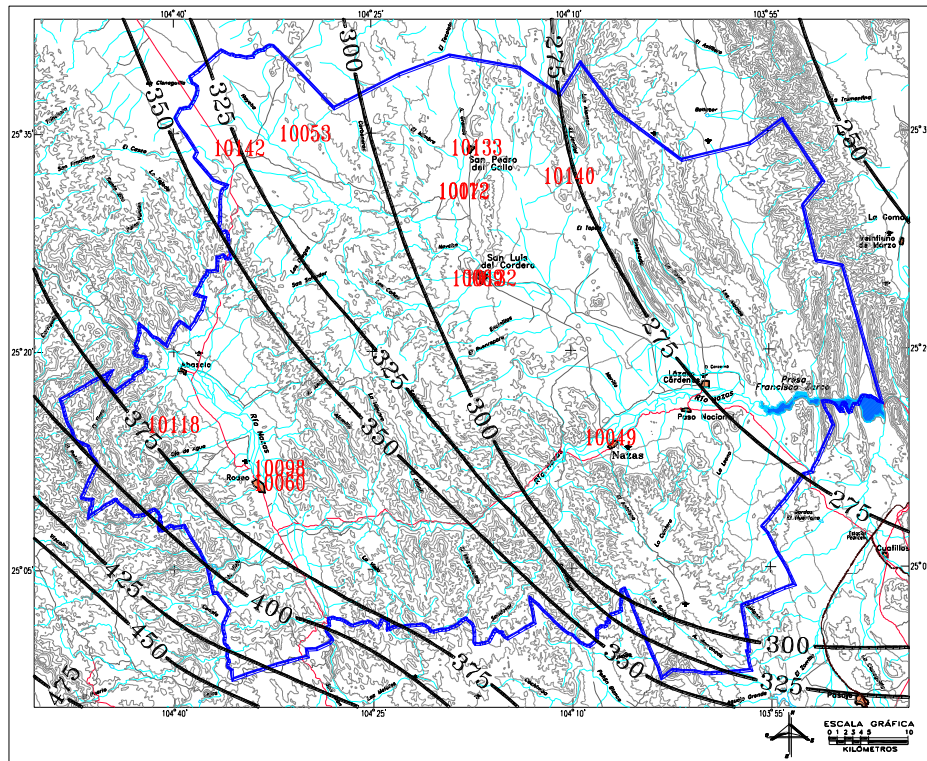


Figura No. 3. Isoyetas medias anuales (mm/año)

Evaporación potencial media anual

La evaporación potencial media anual es del orden de 2,325 mm.

3.3 HIDROGRAFÍA

El acuífero, queda comprendido en la Región Hidrológica 36 Nazas-Aguanaval, donde destaca el río Nazas como el dren superficial más importante, formado en la confluencia de los ríos Ramos y Sextín; en esta área se construyó la Presa Francisco Zarco (Las Tórtolas) a la altura de la población El Palmito, al noroeste del acuífero. Posteriormente, en el curso del río Nazas hacia su cuenca baja, se le unen los arroyos San Juan, Peñón y Cuencamé por su margen derecha, cambiando de rumbo hacia la antigua Laguna, hoy Desierto de Mayrán, pasando por las ciudades de Lerdo, Gómez Palacio, Estado de Durango y Torreón, Estado de Coahuila. El acuífero abarca total o parcialmente los municipios de El Oro, Coneto de Comonfort, Rodeo, Nazas, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo, Lerdo y Gómez Palacio. Hay sólo una pequeña parte que queda dentro del estado de Coahuila, municipios de Torreón Matamoros, San Pedro y parte de Parras, y descarga en la laguna de Mayrán.

En el trayecto del río Nazas entre la presa Francisco Zarco y la ciudad de Torreón se observa una condición hidrográfica particular, pues destacan hacia la margen izquierda afluentes cortos de cuenca reducida y poca significación, en contraste con los afluentes de la margen derecha, de mayor extensión en cuencas de mayor magnitud y aportaciones de escurrimientos superficiales más significativos.

A continuación se indican los afluentes más importantes del río Nazas dentro del Estado de Durango: el arroyo del Vizcaíno que se integra al río Nazas por su margen derecha en un punto localizado a 40 km al este del poblado de San Antonio; el río San Juan confluye hacia su margen derecha a 1.5 km del río Vizcaíno; el río del Peñón con una extensión de cuenca del orden de 3,565 km² se incorpora al río Nazas por su margen derecha a 13 km aguas arriba del poblado de Nazas; y el arroyo Naitcha a 5 km aguas abajo de la población de Nazas.

De acuerdo con los criterios de la hidrología superficial, el acuífero Nazas pertenece a la Región Hidrológica No. 36 Nazas-Aguanaval. Subregión 36 B Nazas. Cuenca Media del río Nazas.

En el área del acuífero se encuentra parte del Distrito de Riego No. 17 Región Lagunera, Coahuila y Durango.

En el área queda comprendido el vaso de almacenamiento de la presa Francisco Zarco, a esta presa llega el río Nazas, después de que recibe las aportaciones del río del Peñón. La cortina de esta presa básicamente se localiza en el vértice 18 de la poligonal que delimita al acuífero Nazas como se indica en la tabla 1.

La presa Francisco Zarco se construyó principalmente para aprovechar en forma más eficiente las extracciones y los derrames de la presa Lázaro Cárdenas (El Palmito) así como también los escurrimientos generados en la cuenca baja del río Nazas, hasta el Cañón Fernández, y a la vez controlar las avenidas.

La cortina de la presa Francisco Zarco es de corazón impermeable compactado, tiene una altura total de: 39.50 m; longitud de la corona: 480 m, anchura de la corona: 10 m, y una anchura a la base de: 173 m. El vaso tiene una capacidad total de 300 hm³ y una capacidad disponible de 235 hm³.

Además de esta presa, se tienen canales para riego, de los cuales algunos se encuentran revestidos.

3.4 GEOMORFOLOGÍA

La zona geohidrológica describe formas de relieve contrastantes, con las siguientes características:

Mesetas

Se definen formas de relieve escarpado producto de emisiones de composición volcánica ácida, constituidas por ignimbritas y riolitas con elevaciones mayores a 2,000 msnm, que afloran hacia la porción oeste del área.

Sierras y lomeríos

Caracterizados por relieve topográfico suave y redondeado, se tienen serranías y lomeríos de composición calcárea con elevación del orden de 1,800 msnm, en la porción centro y oriente del área.

Valles

Constituyen los valles abiertos e intermontanos de origen aluvial y fluvial, labrados por la erosión de las sierras circundantes y escorrentía intermitente del río Nazas, con elevación media de 1,250 msnm.

4 GEOLOGÍA

4.1 ESTRATIGRAFÍA

Las unidades estratigráficas se muestran en la tabla 4, en orden cronológico de la más reciente a la más antigua y comprenden Edades desde el Reciente hasta el Cretácico. Figura No. 4.

Tabla No. 4 Estratigrafía y unidades hidrogeológicas.

EDAD	SIMBOLOGIA	NOMBRE	DESCRIPCION	COMPORTAMIENTO
CUATERNARIO	Qal	DEPOSITOS ALUVIALES y FLUVIALES DE RELLENO DE VALLE	GRAVAS, ARENAS Y ARCILLAS	PERMEABLE
	Qb	Fm METATES	DERRAMES DE BASALTO	SEMIPERMEABLE
TERCIARIO	Tsc	FORMACIONES STANIN, LOS LLANOS Y GUADIANA	DEPOSITOS CLASTICOS SIN CONSOLIDAR DE GRAVAS, CONGLOMERADOS, ARENISCAS Y BASALTOS	PERMEABLE
	Tsv	SERIE VOLCANICA SUPERIOR	TOBAS Y BRECHAS RIOLITICAS, IGRIMBRITAS Y BASALTOS	SEMIPERMEABLE
	Tma	Fm AHUICHILA	CONGLOMERADO Y BRECHAS DE ORIGEN CONTINENTAL	SEMIPERMEABLE
CRETACICO	Ksic	Fm CARACOL y Fm INDIDURA	ARENISCAS, LUTITAS Y LIMOLITA, CALIZA Y LUTITA	SEMIPERMEABLE
	Ksca	Fm AURORA y Fm CUESTA DEL CURA	CALIZAS CON DOLOMIAS EN CAPAS MEDIANAS A GRUESAS	PERMEABLE
	Kitc	Fm LA PEÑA y Fm CUPIDO	CALIZAS, LUTITAS Y MARGAS, CALIZAS GRUESAS	SEMIPERMEABLE

Jurásico Superior.

Tres son las formaciones que pertenecen a esta edad: La Casita, La Gloria y la Caliza Zuloaga. Esta última es la más antigua, y consiste en alternancias de calizas y areniscas. Aflora en la porción centro sur de la zona, cerca de la carretera No. 40, de La Goma hacia Pedriceñas, y al sureste de Villa Juárez. Hidrológicamente, se le considera como impermeable.

La Formación La Gloria clasificada del Oxfordiano (Imlay, 1938), consiste esencialmente de areniscas y lutitas de color gris claro, en estratos delgado, que alternan con capas de caliza y, rara vez, con limonita y con un conglomerado compuesto de clásticos de caliza. Se le observa a 7 km al norte de la localidad de Villa Juárez, en el cañón de Los Soldados. También, está considerada como una formación impermeable.

Formación la Casita, es la de edad más joven, desde el Kimmeridgiano hasta el Tithoniano (Mc. Leroy, 1966). Presenta, localmente, espesor medio de 500 m; está constituida en su porción inferior por lutita carbonosa, arenisca muy fosilífera (pelecípodos), mientras que en su parte superior está constituida por dolomita intemperizada de color gris oscuro y caliza de textura wackestone, interestratificada con lutitas carbonatadas de color gris.

Por su composición y estructura, se trata de una formación impermeable, cuyos afloramientos se aprecian al norte y sureste de Villa Juárez.

Cretácico Inferior.

Los sedimentos del Cretácico Inferior varían de composición carbonatada (algunos con dolomitización secundaria) a arcillosos y evaporíticos, que integrados por la Serie Coahuiliana y las Formaciones Cuchillo y Aurora. Esta serie está compuesta por las Formaciones: Parritas, Las Vigas, Taraises y Carbonera, tienen litología muy similar, por lo que es difícil distinguir sus contactos, por lo que se agrupó en una sola serie; su espesor es de aproximadamente 350 m, con cambios litológicos tanto vertical como horizontalmente. Russell E. Clemons (1966), le asignó una edad Neocomiano y Aptiano (parte inferior). Estas formaciones consisten en caliza de textura mudstone a grainstone color gris, y dolomita color gris oscuro, se encuentran en alternancia con areniscas del tipo arcósico y lutitas en estratos delgados. Se considera como una unidad impermeable.

Otra serie que aparece en el área es la Comancheana, constituida por calizas y lutitas no diferenciadas, generalmente impermeables. Se incluye en ella a las Formaciones La Peña, Caliza Aurora y Caliza Cuesta del Cura. La Caliza Aurora aflora en la porción suroriental de León Guzmán en una sierra anticlinal; es muy fosilífera, y se le ha asignado una edad Albiano-Cenomaniano; es una caliza gris claro a oscuro con textura que va desde mudstone a packstone, con estratificación delgada a masiva. Aparte de esto, constituye las sierras que definen el cauce del río Nazas, antes de su salida al valle de La Laguna, que se conoce al norte como sierra de Mapimí y al sur, como sierra de San Carlos; esta caliza presenta buenas condiciones acuíferas, ya que se le ha observado como portadora de agua subterránea en los rellenos aluviales.

Se infiere que esta formación se adelgaza hacia el occidente de la zona, con espesor de 300 a 500 m, localmente. Está considerada de carácter arrecifal por su contenido de rudistas y miliólidos, así como nódulos de pedernal.

De igual manera, la Caliza Cuesta del Cura está conformada por caliza dura en capas delgadas, intercalada con delgados horizontes de lutita y lentes de pedernal, y se le agrupa como impermeable. Se observa en forma muy local al suroeste de la zona de interés, sobre las márgenes del río Nazas y en el valle de Cañada Loma Verde, al occidente de la desembocadura del río Nazas hacia el valle aluvial.

Cretácico Superior.

En las sierras de Mapimí y Las Noas, aflora la Formación Indidura, que sobreyace discordantemente a la Formación Aurora; mientras tanto, en su parte inferior se encuentra erosionada y sólo se midieron 110 m de espesor en la sierra de Mapimí. Está constituida por interestratificaciones delgadas de lutita oscura con calizas negras. Como presenta carácter arcilloso se le considera impermeable, y sólo se le encuentra en las partes topográficamente bajas.

Cenozoico.

Derrames volcánicos, rocas ígneas intrusitas y rocas sedimentarias clásticas pertenecen a este período, con edad Terciaria. Por su parte, el Cuaternario está presente en forma de depósitos eólicos lagunares y aluviales. Aquí se diferenciaron 5 unidades de rocas: Formación Ahuichila,

riolita intrusiva, rocas volcánicas no diferenciadas, Formación Santa Inés y los aluviones del Reciente.

La Formación Ahuichila está conformada por conglomerados, limonitas y calizas de agua dulce. Es una unidad compacta e impermeable y aflora en la porción central norte en una sierrita frente a la sierra del Rosario. De Cserna (1956-60) le da una edad Eoceno Tardío a Oligoceno Temprano. Su ambiente de depósito fue en áreas adyacentes a fallas activas o bien, en valles y sinclinales, por lo que únicamente se encuentra en las faldas de las sierras de Mapimí y Las Noas.

Es un conglomerado en abanico originado por la erosión de rocas mesozoicas que se encuentran en la zona, con clásticos de caliza y lutita calcárea, que provienen, posiblemente, de las Formaciones Indidura y Aurora.

Dentro de las rocas ígneas intrusivas encontramos a la riolita, que es un cuello volcánico, riolítico, compacto e impermeable, que aparece sólo en la porción nororiental de la zona en el cerro Colorado. Se le considera como impermeable.

Las rocas volcánicas no diferenciadas constituyen una serie de andesitas, basaltos y tobas también clasificadas como impermeables, las cuales afloran en forma de cerros locales y sobre la margen izquierda del río Nazas, donde cambia el rumbo de su cauce de S-N a W-E.

En lo que se refiere a la Formación Santa Inés, es un antiguo aluvión conformado por gravas semiconsolidadas, conglomerados empacados en arcilla o caliche que por estar muy consolidadas se clasifican como impermeables. Hacia la zona, se les encuentra, únicamente, a 7 km al norte de Villa Juárez, aunque puede encontrarse en el subsuelo, debajo del aluvión reciente y pueden constituir capas menos permeables en los aluviones que rellenan los valles y que se les ha identificado como conglomerados empacados, según estudios anteriores.

Cuaternario.

El aluvión se encuentra distribuido a lo largo de la zona en cuestión, en las partes bajas, valles y depresiones, con topografía muy suave; es producto de la erosión y el transporte de todas las rocas antes referidas, consiste en arenas, limos y gravas de clásticos de tamaños variados. Está considerado con edad Pleistoceno-Reciente. Hidrológicamente, constituyen la unidad más permeable de la región.

En espesores pequeños, se encuentran los depósitos lacustres, sobre el aluvión en la laguna de Mayrán y áreas circundantes; conformados por arcillas y limos provenientes de material de acarreo, que se derivan del río Nazas, al descargar éste sus aguas en la antigua laguna. Se les considera como permeables.

De distribución considerable, los depósitos eólicos aparecen al sur de la sierra de Tlahualilo y al norte de San Pedro de las Colonias, en forma de dunas o médanos de dimensiones variables. Se les ha dado una edad Pleistoceno-Reciente, y están constituidas por arenas finas bien clasificadas, con granos de mica, ferromagnesianos y sílice, éste último es el que más abunda. Por sus características hidrológicas estos materiales están considerados como permeables.

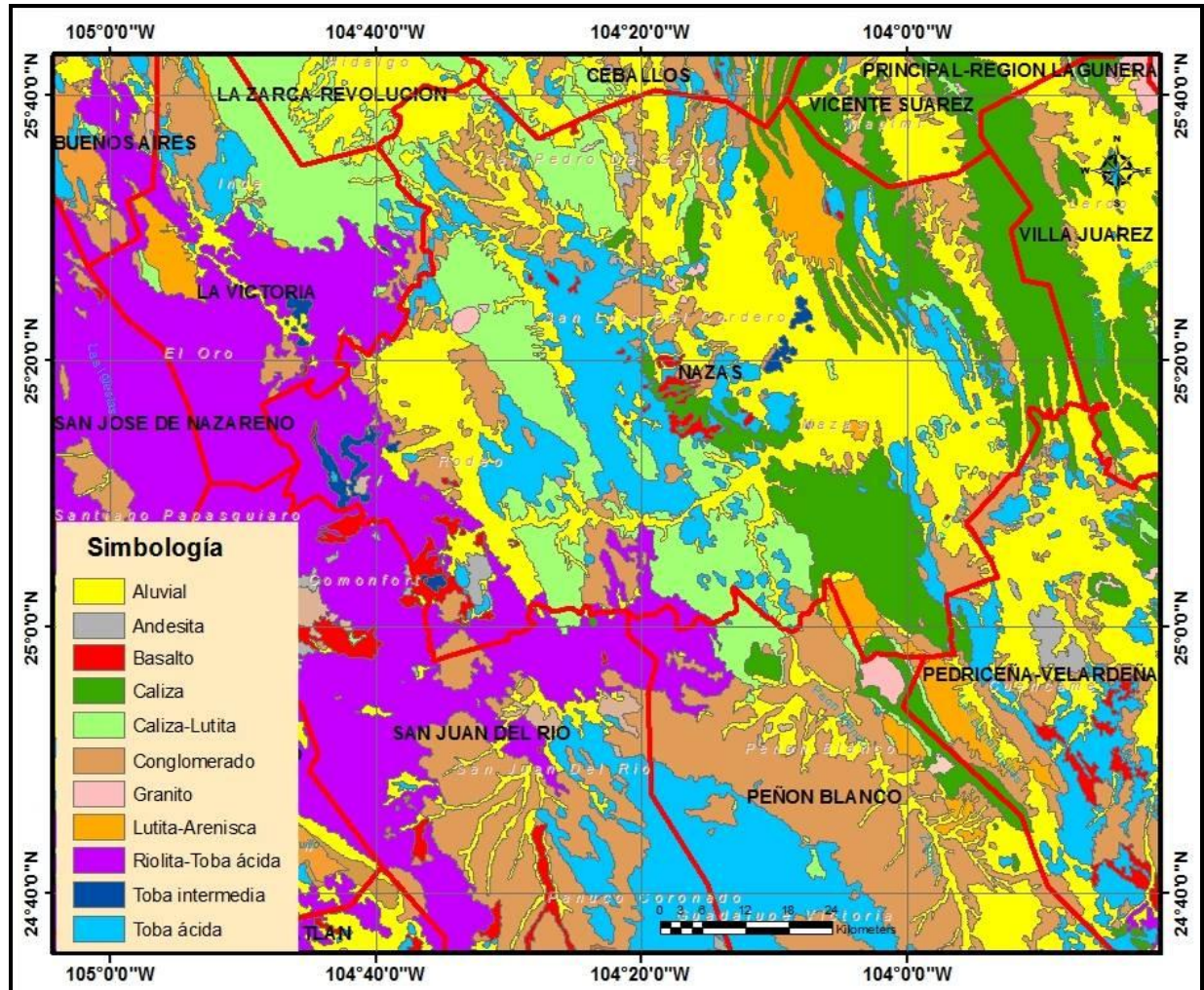


Figura No. 4. Mapa Geológico.

4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las rocas sedimentarias mesozoicas, representadas en el área como sierras de estructuras plegadas del tipo anticlinal, así como los lomeríos aislados de rocas ígneas extrusivas, descansan en forma discordante sobre un basamento Paleozoico.

Los periodos de erosión y plegamiento ocurridos durante el Triásico y Jurásico normaron la sedimentación y consecuentemente la paleografía de la parte superior del Mesozoico.

Durante los eventos que modelaron la corteza terrestre durante el Triásico, destaca la tectónica distensiva que dio lugar a la formación de fosas y rellenos sedimentarios continentales, subsidencias de terreno que en forma natural permitieron el almacenamiento del agua de lluvia, y su conformación como acuíferos.

Las estructuras sedimentarias anticlinales y sinclinales, características de la Sierra Madre Oriental, tuvieron su origen durante la Orogenia Laramide en el Cenozoico Inferior; del Eoceno Superior al Oligoceno se sucedieron los primeros episodios volcánicos, que completaron los procesos y depositación de las unidades litoestratigraficas de la Sierra Madre Occidental.

La culminación de las actividades volcánicas ocurre con eventos de derrames de basalto en el Plioceno y posteriormente hasta el Pleistoceno, se formaron los conglomerados, gravas, arenas y arcillas que rellenan las depresiones producto de la fase distensiva asociada a la Orogenia Laramídica.

4.3 GEOLOGÍA DEL SUBSUELO

Materiales clásticos-granulares de gravas, arenas y arcillas, rellenan el valle fluvial labrado por el río Nazas, con un espesor estimado de 100 m, de acuerdo a la información de cortes litológicos y registros eléctricos en pozos.

En la zona de cauce del río Nazas se tienen depósitos gruesos de gravas y arenas altamente permeables y la distribución espacial vertical y horizontal de los materiales de relleno gradúan de materiales gruesos en las porciones del cauce hacia materiales de granulometría más fina hacia las márgenes de este y hacia la zona de inundación.

Por lo tanto el espesor estimado del material de relleno de valle, se incrementará de los bordes de las serranías calcáreas que limitan al valle hacia su porción central.

5 HIDROGEOLOGÍA

5.1 TIPO DE ACUÍFERO

El acuífero Nazas, es un acuífero freático somero de tipo libre, labrado en materiales granulares altamente permeables y homogéneos por la propia naturaleza fluvial de la cuenca, cuyo dren importante representado por el río Nazas, permite renovar cíclicamente los materiales fluviales de acarreo, básicamente de gravas y arenas, en las porciones de alta energía, de la corriente del propio cauce.

5.2 PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Las características hidráulicas de los materiales litológicos que conforman el acuífero, son los estimados para el tipo de litología presente en el subsuelo, debido a que el área no ha sido objeto de estudios geohidrológicos.

Por lo tanto los valores de transmisividad para las gravas y arenas, constituyentes principales de las zonas saturadas, fluctúan entre 0.01 y 0.001 m²/s.

5.3 PIEZOMETRÍA

La historia piezométrica es heterogénea, ya que el establecimiento de una red de pozos piloto del orden de 50 aprovechamientos subterráneos data del año 1997, teniéndose en archivo, datos aislados desde el año de 1975.

5.4 COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO

El análisis del comportamiento hidráulico del almacenamiento subterráneo comprende las configuraciones del nivel estático.

5.4.1 Profundidad al nivel estático

Con la información piezométrica de archivo, se observó con datos de niveles de agua subterránea, en pozos localizados en el subálveo del río Nazas, en el valle de Nazas, donde se tiene la concentración de la extracción por bombeo; que en pozos construidos a profundidades del orden de 150 m, se encuentran niveles estáticos de entre 15 y 24 m y dinámicos con un descenso medio del nivel estático de entre 10 y 15 m.

De acuerdo a la configuración de la profundidad del nivel estático 2004, se observa que los menores valores se encuentran en las cercanías del río. Como se observa en la figura 4 para el año 1997, así como en la figura 5 del año 2004.

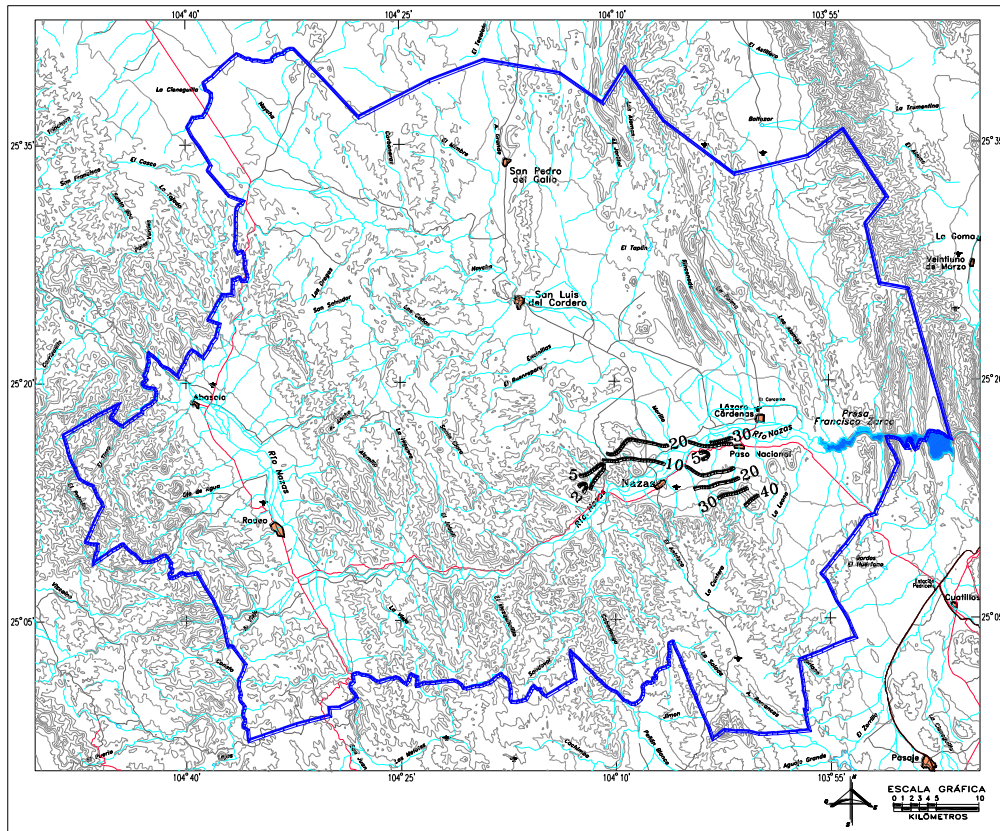


Figura No. 4. Profundidad al nivel estático, 1997 (m)

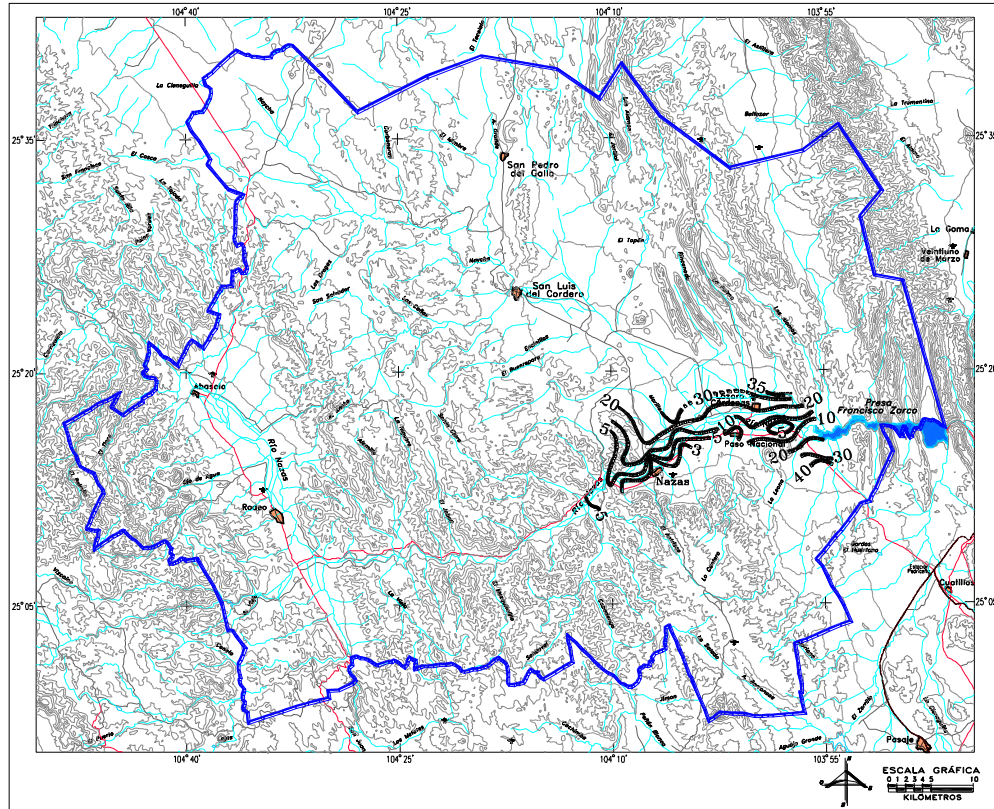


Figura No. 5. Profundidad al nivel estático, 2004 (m)

5.4.2 Elevación del nivel estático

La definición con mayor precisión de la red de flujo subterráneo, requiere de una nivelación de brocales posterior a un censo de aprovechamientos subterráneos que permita diseñar la red de pozos piloto representativa del acuífero.

Con los datos de elevación referida al nivel medio del mar, tomados de la cartografía de INEGI escala 1:50,000, donde se tienen bancos de nivel referidos al nivel medio del mar, así como otras referencias similares en la infraestructura de riego del módulo de riego referida a los brocales, fue posible conformar la red de flujo subterráneo, observándose que existe una dirección de flujo de SW-NE con orientación en la misma dirección del río Nazas, tal como se muestra en la configuración de la figuras 6 y 7, con datos de 1997 y 2004, respectivamente.

5.4.3 Evolución del nivel estático

De acuerdo al análisis del comportamiento hidrodinámico de niveles estáticos en captaciones subterráneas, tomados de la base de datos piezométricos, se detecta que existe una variación de los niveles de agua subterránea relacionada con la recarga cíclica que recibe el acuífero, como producto del tránsito de un volumen en promedio de 1,100 millones de m³/año, provenientes de la presa Lázaro Cárdenas, durante la temporada de riegos en el Distrito.

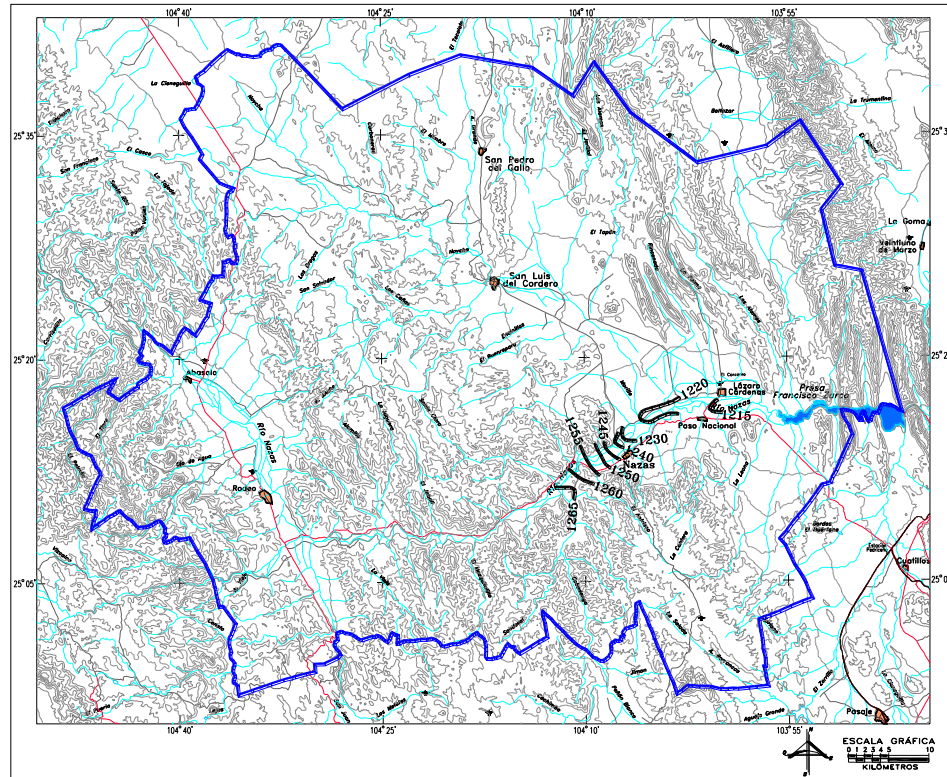


Figura No. 6. Curvas de igual elevación del nivel estático, 1997 (msnm)

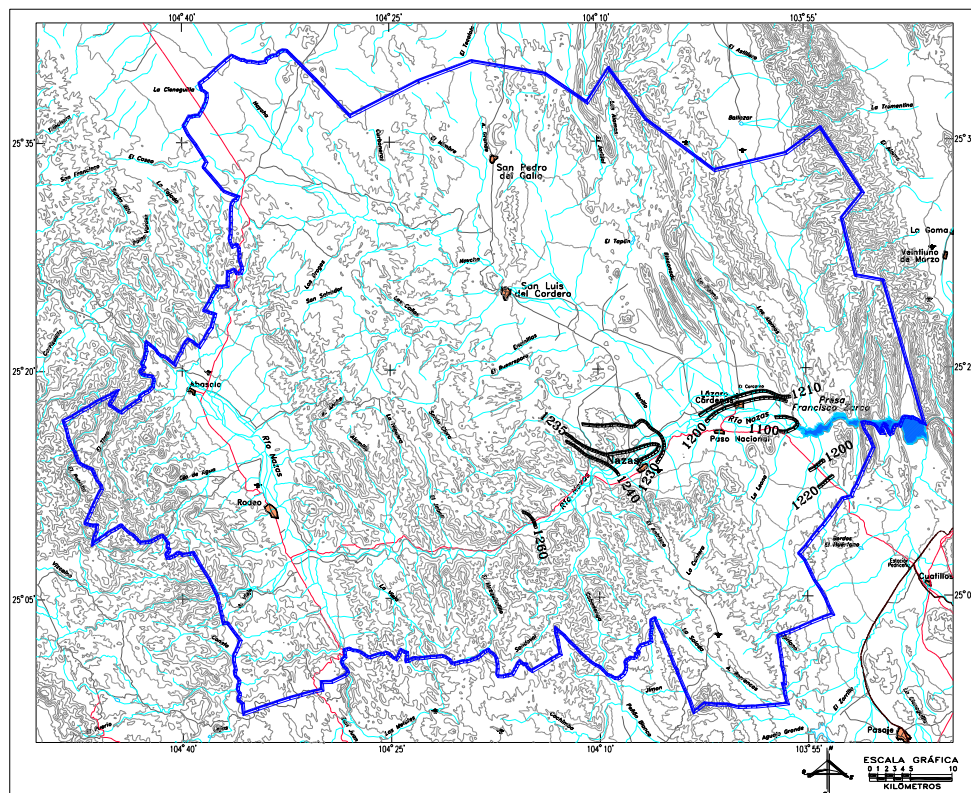


Figura No. 7. Curvas de igual elevación del nivel estático, 2004 (msnm)

Este volumen permite que los acuíferos de tipo libre ubicados en las zonas de cauce de este dren, tales como los conocidos: Rodeo, Nazas, Villa Juárez-San Jacinto reciban recarga permanentemente, no sólo por infiltración del agua del embalse durante los ciclos agrícolas del Distrito del Riego N° 17 de la Comarca Lagunera, sino adicionalmente por la incorporación de volúmenes de agua de precipitación pluvial en la cuenca media del río Nazas.

Por lo tanto la evolución positiva entre un ciclo y otro, corresponderá al efecto de recarga asociada al tránsito de avenidas en la zona de cauce en el área del valle del Nazas, sitio del acuífero ubicado entre las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco y en forma inversa la evolución negativa correspondiente al periodo de no tránsito entre los meses de octubre a febrero de cada año, por tanto la evolución de los niveles estáticos a largo plazo es cero, tal como se observa en las configuraciones de la profundidad de los niveles estáticos en las figuras 4 y 5.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

La información reportada al año de 1996, identificó la presencia de 294 aprovechamientos, los cuales extraen un volumen de 47.74 hm³.

La extracción por uso del agua muestra que de los 294 aprovechamientos subterráneos 83 de ellos son de uso agrícola, los cuales extraen un volumen anual de 32 hm³ y representa el 67% de la extracción total.

Los restantes 211 aprovechamientos son de uso público-urbano, doméstico y abrevadero, que extraen un volumen anual de 15.74 hm³, representando el 33% de la extracción total.

7. BALANCE HIDROMETEOROLÓGICO

Para el balance hidrometeorológico se considero una temperatura media anual de 19.5° C y una precipitación media anual de 340 mm.

La infiltración en el área es del orden de 49.0 hm³/año, obtenida en un área de aproximadamente 5,674 km², donde la lámina promedio de lluvia es de 340 mm, al considerar un valor de 0.0254 de coeficiente de infiltración.

El orden de magnitud del coeficiente de infiltración por lluvia se obtuvo través de un balance de agua superficial, para el cual se aplicó la siguiente expresión:

Infiltración = precipitación – evapotranspiración - escurrimiento

Para determinar la evapotranspiración real (ETR), se hizo uso de la fórmula de Coutagne que indica:

$$ETR = P - xP^2$$

Donde:

ETR= Evapotranspiración m/año

P = precipitación en mm/año

$X = 1 / 0.8 + 0.14t$

t = temperatura en ° C

En este caso la precipitación promedio anual en el área, fue de 340 mm/año, la temperatura promedio anual de 19.5° C, valores que una vez sustituidos en la ecuación anterior, dan un valor de 307.3 mm, que multiplicado por el área de 5,674 km² da como resultado un volumen total evapotranspirado de 1,743.6 hm³/año.

De acuerdo con el criterio de Coutagne, el método indica que la evapotranspiración es igual a la precipitación cuando ésta es menor 1/8 □ □ □ 441 mm), siendo aplicable para el caso, lo que significaría una infiltración nula. Sin embargo, de acuerdo a la distribución de los materiales litológicos permeables que afloran en el valle, se estima exista infiltración, por lo que aunque no sea aplicable según lo referido, se optó por considerarlo como una referencia del valor de evapotranspiración.

De esta manera, el volumen de escurrimiento anual resultó del orden de 136.6 hm³/año, valor estimado, debido a que no se dispone de información hidrométrica, obteniéndose por lo tanto el coeficiente de escurrimiento a través de la siguiente expresión:

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

Donde:

C_e = Coeficiente de escurrimiento

K es un parámetro en función del tipo de suelo.

En nuestro caso el valor de K es del orden de 0.24, que corresponde a un suelo medianamente permeable con cubierta vegetal de menos del 50%, este procedimiento es recomendado por la CNA con la NOM-011-CNA-2000, para estimar volúmenes de escurrimiento cuando no se dispone de datos hidrométricos, sustituyendo valores el coeficiente de escurrimiento resulta ser del orden de 0.0708, el cual multiplicado por el volumen precipitado (1929.2 hm³/año) da un valor de 136.6 hm³/año.

Sustituyendo valores en la ecuación que se planteó anteriormente para obtener el volumen infiltrado se tiene:

$$\text{Infiltración} = 1,929.2 - 1,743.6 - 136.6 = 49.0 \text{ hm}^3/\text{año}$$

Al dividir el volumen anual promedio infiltrado (49.0), entre el volumen anual promedio precipitado (1,929.2 hm³/año), se obtiene el coeficiente de infiltración, el cual resulta del orden de 0.0254. Los valores que resultaron del balance hidrometeorológico se presentan en la tabla No. 5.

Tabla No. 5 Balance hidrometeorológico

Concepto	Volumen hm ³ /año	
Volumen llovido	1929.2	
Volumen evapotranspirado	1743.6	90.38%
Escurrecimiento superficial	136.6	7.08%
Infiltración	49.0	2.54%

8. 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 anualmente por el almacenamiento del acuífero.

La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de almacenamiento} \quad \dots (1)$$

Aplicando esta ecuación al 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 de un acuífero:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento en el acuífero} \quad \dots (2)$$

8.1 ENTRADAS

Las entradas al acuífero Nazas, están integradas básicamente por las recargas naturales, las recargas inducidas y la recarga cíclica del cauce del río por el paso de un volumen cercano a los 1000 hm³/año.

8.1.1 Recarga natural

La recarga natural se produce por agua de lluvia la cual en parte llega a infiltrarse sobre todo en las partes altas de la zona para que en los valles de esta zona el acuífero tenga su recarga por entradas horizontales.

8.1.1.1 Recarga vertical por lluvia

La recarga natural por lluvia en el valle se calculó a partir del coeficiente de infiltración obtenido del balance hidrometeorológico. El área de valle se estimó en 500 km², valor que multiplicado por la precipitación (340 mm) y por el coeficiente de infiltración obtenido del balance hidrometeorológico (0.0254), arroja un valor de 4.3 hm³/año.

8.1.1.2 Recarga por infiltración de cauces

De acuerdo con la información presentada en el estudio el cálculo por infiltración desde el cauce del río Nazas consideró el volumen escurrido es del orden de 1,000 hm³/año que transita desde la presa Lázaro Cárdenas en la cuenca alta, hacia la cuenca media, sitio del acuífero Nazas, estimándose una pérdida por infiltración del orden del 10% lo cual representa un volumen incorporado al acuífero de 100 hm³/año.

8.1.1.3 Flujo subterráneo horizontal

El flujo subterráneo se estimó entre las equipotenciales 1240 y 1230, y con una transmisividad de 86.4 m²/día. De esta forma la recarga por flujo subterránea resulta de 2.1 hm³/año. Tabla No. 6.

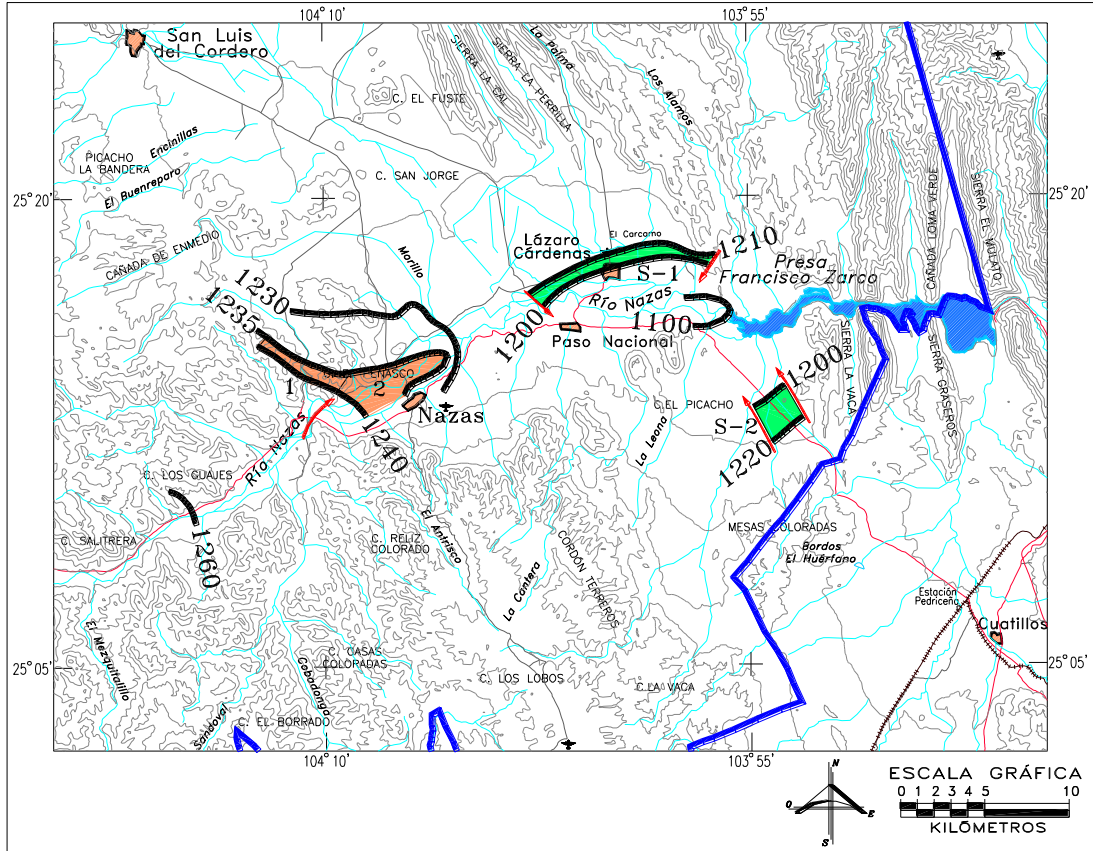


Figura No. 8. Detalle de curvas de igual elevación del nivel estático 2004 (msnm)

Tabla No. 6 Entradas por flujo subterráneo

ENTRADAS							
CELDA	ANCHO	LARGO	h_1-h_2 (m)	GRADIENTE HIDRÁULICO	TRANSMISIVIDAD (T)	CAUDAL	VOLUMEN
	(m)	(m)		(i)	m^2/s	(Q) m^3/s	$hm^3/año$
1	5700	840	10	0.012	0.0010	0.068	2.14
2	2200	6200	10	0.002	0.0010	0.004	0.11
						Total	2.14

De acuerdo con lo anterior el total de la recarga natural es igual a $106.4 \text{ hm}^3/año$.

8.1.2 Recarga inducida

La recarga inducida está constituida principalmente por la infiltración vertical debida a los volúmenes de agua utilizados en el riego, así como los de fugas de los sistemas de agua potable, los cuales en total son del orden de $47.7 \text{ hm}^3/año$, y aplicando un coeficiente de infiltración de 0.15, se tiene una recarga inducida de $7.2 \text{ hm}^3/año$.

De esta forma la recarga total al acuífero es la suma de la recarga natural de $106.4 \text{ hm}^3/año$, y la recarga inducida, $7.2 \text{ hm}^3/año$, que resulta de $113.6 \text{ hm}^3/año$ (Millones de metros cúbicos anuales).

8.2 SALIDAS

8.2.1 Descarga natural

De acuerdo con la red de flujo observada en la tabla No. 7 se presenta el cálculo de salidas subterráneas, que resulta de 4.8 hm³/año.

Tabla No. 7 Salidas por flujo subterráneo

CELDA	ANCHO	LARGO	h_1-h_2 (m)	GRADIENTE HIDRÁULICO	TRANSMISIVIDAD (T)	CAUDAL	VOLUMEN
	(m)	(m)		(i)	m ² /s	(Q) m ³ /s	hm ³ /año
SALIDAS							
MI	10900	850	10	0.012	0.0010	0.128	4.04
MD	2000	2200	10	0.005	0.0010	0.009	0.29
						Total	4.33

La configuración de elevación del nivel estático permite inferir que ocurre una descarga natural por flujo base en la porción este del acuífero hacia la zona de la Presa Francisco Zarco.

Considerando que el acuífero no existe cambio de almacenamiento y que la descarga natural por flujo subterráneo resulta de 4.8 hm³/año, la descarga por flujo base de 59.3 hm³/año.

8.2.2 Bombeo

La información de archivo reportada al año de 1996 mostró la presencia de 294 aprovechamientos que extraen un volumen anual de 47.7 hm³.

Los valores que resultaron del balance de aguas subterráneas, se presentan en la Tabla No. 8.

Tabla No. 8 Balance de aguas subterráneas (hm³/año)

Concepto	Volumen
Entradas:	
Recarga por lluvia	4.3
Flujo subterráneo	2.1
Recarga tránsito en el río	100.0
Recarga natural	106.4
Recarga inducida	7.2
Recarga total	113.6
Descarga:	
Bombeo	47.7
Flujo subterráneo	4.3
Flujo base	61.6
Descarga total	113.6
Minado	0.00

8.3. CAMBIO DE ALMACENAMIENTO

Considerando que de acuerdo con algunos datos aislados de pozos piloto los cuales fueron sondeados tanto en el año de 1997 como en el año de 2004 se observa que no existe una variación de los niveles acentuada, pues mientras en algunos pozos se tienen abatimientos no considerables en otros pozos se tienen recuperaciones también no muy grandes.

9 DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplica el procedimiento establecido la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece la Metodología para calcular la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas, menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Disponibilidad media} & & & & & & \text{Volumen anual de} \\ \text{anual} & & & & & & \text{agua subterránea} \\ \text{de agua subterránea en} & = & \text{Recarga} & - & \text{Descarga} & - & \text{concesionado e} \\ \text{una} & & \text{total} & & \text{natural} & & \text{inscrito en el} \\ \text{unidad hidrogeológica} & & \text{media} & & \text{comprometida} & & \text{REPDa} \\ & & \text{anual} & & & & \end{array} \quad (3)$$

9.1 RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL

La recarga total media anual (R_t), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural, que incluye a la recarga por cauces, más la recarga inducida, que para este caso es del orden de $113.6 \text{ hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

9.2 DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA

La descarga comprometida es básicamente el flujo subterráneo (4.3) más el flujo base que descarga el río (61.6) y que se utilizan aguas abajo en el Distrito de Riego y que mantiene al acuífero en estado de equilibrio. Por lo tanto, su valor es de $65.9 \text{ hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

9.3 RENDIMIENTO PERMANENTE

El rendimiento permanente resulta ser la recarga total menos la descarga natural comprometida igual a $47.7 \text{ hm}^3/\text{año}$ (Millones de metros cúbicos anuales).

9.4 VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2007 es de $19\,180,304 \text{ m}^3/\text{año}$.

9.5. DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La disponibilidad de aguas subterráneas, conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga

natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA, que de acuerdo con la expresión (3), resultó ser de 28'519,696 m³/año. Aunque cabe aclarar que esta disponibilidad se debe utilizar con cuidado, ya que el REPDA, es sólo un porcentaje de la extracción real.

$$28'519,696 = \frac{113'600,00}{0} - 65'900,000 - 19'180,304 \quad (3)$$

10 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Comisión Nacional del Agua, Sistema de Información Geográfica del Agua Subterránea (SIGMAS)

DOF. . 5 de diciembre de 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 títulos de concesión, asignación o permisos otorgados por este órgano desconcentrado.

Diario Oficial de La Federación del 17 de abril de 2002, México

<http://conapo.gob.mx>

Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Técnica, Condiciones Geohidrológicas del acuífero Nazas, Región Lagunera Coah.-Dgo. Proyecto de Aguas Subterráneas, INEGI Carta fisiográfica, escala 1:1000000

INEGI Anuario Estadístico Durango, 2004

Integración de la lluvia normal anual de la República Mexicana, período 1931-1990, CNA

Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Técnica, 2000. Condiciones Geohidrológicas del acuífero Nazas, Región Lagunera Coah.-Dgo. Proyecto de Aguas Subterráneas.

Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Técnica. 2002. Estudios de reactivación de redes de monitoreo piezométricos de los acuíferos de los valles de: Ceballos, Villa Juárez y Río Nazas, estado de Durango.

SRH, 1969. Boletín Hidrológico No. 35, Región Hidrológica No. 36.