



SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

**ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE
AGUA EN EL ACUÍFERO ENSENADA (0211), ESTADO DE BAJA
CALIFORNIA**

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020

Contenido

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.....	5
3.1	Provincia fisiográfica	5
3.2	Clima.....	6
3.3	Hidrografía.....	6
3.4	Geomorfología	6
4	GEOLOGÍA	7
4.1	Estratigrafía.....	7
4.2	Geología estructural.....	9
4.3	Geología del subsuelo	10
5	HIDROGEOLOGÍA.....	10
5.1	Tipo de acuífero	10
5.2	Parámetros hidráulicos	10
6	CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	11
7	BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	11
7.1	Entradas	11
7.1.1	Recarga (R).....	11
7.2	Salidas.....	11
7.2.1	Extracción por bombeo (B)	11
8	DISPONIBILIDAD	13
8.1	Recarga total media anual (R)	13
8.2	Descarga natural comprometida (DNC).....	13
8.3	Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)	13
8.4	Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA).....	14
9	BIBLIOGRAFÍA	15

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 de Ensenada, definido con la clave 0211 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción centro-occidental del estado de Baja California. La cuenca hidrológica cubre una superficie de 971 km², que representa cerca del 1.3% del territorio estatal.

La zona está dividida en cinco municipios: Ensenada, Mexicali, Tecate, Tijuana y Playas de Rosarito; sin embargo este valle políticamente pertenece al Municipio de Ensenada.

La zona se encuentra bien comunicada, a través de la Carretera Federal No. 1, que enlaza el área hacia el norte con las ciudades de Rosarito y Tijuana, y hacia el sur con las poblaciones de Santo Tomás, Lázaro Cárdenas, Venustiano Carranza, Ensenada, y la Paz, B.C.S. De Ensenada hacia el este, se desprende la Carretera Federal No. 3, que une a esta ciudad con los poblados del oriente del estado, posteriormente se une nuevamente a la Carretera Federal No.1, que va el suroeste de El Arco B.C.S.

La comunicación aérea es otra vía de comunicación importante en el desarrollo de las actividades comerciales. Ensenada cuenta con aeropuerto nacional que comunica a ese municipio con la Ciudad de México.

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

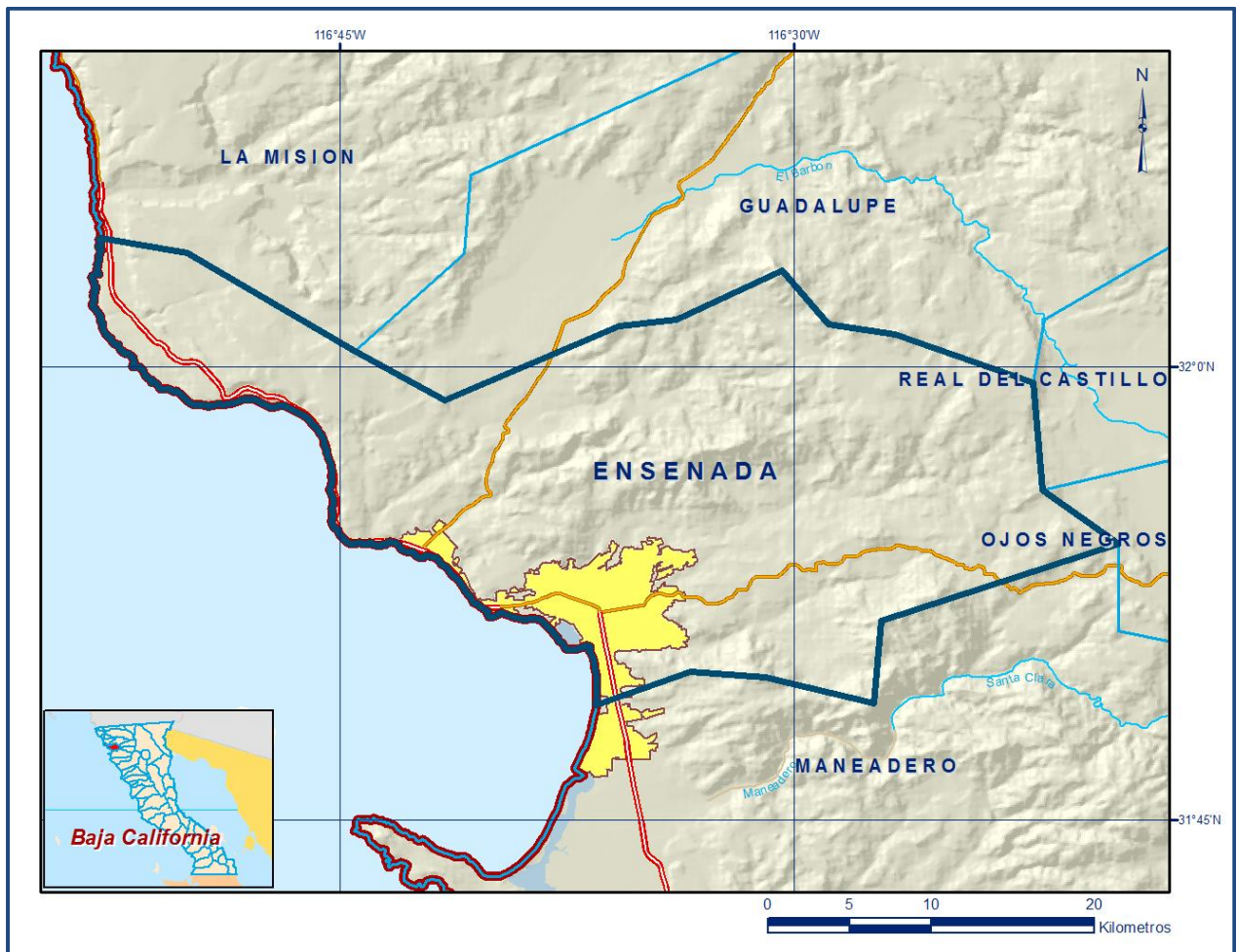


Figura 1. Localización del acuífero

1.2 Situación administrativa del acuífero

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2015, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 1.

La actividad de mayor importancia en la región es la pesca y la agricultura. Los principales cultivos son de trigo, maíz, soya, algodón, alfalfa y pastizal. La actividad ganadera está supeditada al cultivo de forrajes, de tal forma que adquiere un carácter secundario, dado que depende del desarrollo agrícola.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la poligonal simplificada del acuífero

ACUIFERO 0211 ENSENADA							
VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	116	19	15.9	31	54	7.8	
2	116	27	6.0	31	51	34.6	
3	116	27	20.3	31	48	52.1	
4	116	30	56.2	31	49	43.4	
5	116	33	24.7	31	49	53.7	
6	116	36	33.0	31	48	48.3	DEL 6 AL 7 POR LA LINEA DE BAJAMAR A LO LARGO DE LA COSTA
7	116	52	56.1	32	4	15.0	
8	116	50	3.9	32	3	45.2	
9	116	44	30.6	32	0	31.5	
10	116	41	32.7	31	58	52.8	
11	116	35	46.7	32	1	20.9	
12	116	33	52.7	32	1	32.6	
13	116	30	23.8	32	3	10.9	
14	116	28	52.0	32	1	24.9	
15	116	26	39.2	32	1	4.7	
16	116	22	4.4	31	59	27.9	
17	116	21	45.5	31	55	55.2	
1	116	19	15.9	31	54	7.8	

2 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

En 1975 Gastill G *et.a/* realizó, el estudio denominado Reconnaissance Geology of the State of Baja California, que fue contratado por la necesidad de cartografiar la geología de Baja California a nivel regional y estudiar los eventos geológicos para integrarlos en el marco regional.

Como resultado importante se obtuvo un plano geológico a escala 1:250,000, además se estableció una división de la geología histórica en los siguientes eventos: prebatolítico, emplazamiento en rocas batolíticas con sus cuatro zonas metamórficas, y postbatolítico, este último desde hace 90 ma. Estructuralmente se clasificó al estado

de Baja California en: Península Oriental y Central Estable, Litoral Continental Inestable y Depresión del Golfo.

En 1996 Proyectos, Estudios y Consultoría, S.A. de C.V., realizó el estudio denominado “Definición de Nuevas Fuentes de Abastecimiento para las Zonas Urbanas del Norte del Estado de Baja California” en el cual se expone que para 1995 la Ciudad de Ensenada contaba con una población de 201,225 habitantes a los cuales se les dotaba de 250 l/hab/día, por lo que la demanda fue calculada en 582 l/s.

Las fuentes de abastecimiento para la Ciudad de Ensenada corresponden con los acueductos de La Misión-Ensenada, pozos perforados en el acuífero y aguas extraídas de la presa López Zamora. Cuenta también con plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas.

Se recomienda no considerar como fuente de abastecimiento las aguas superficiales, tener de reserva las aguas almacenadas en presas, explotar en un término medio las aguas del acuífero de la Mesa Arenosa y de manera mínima para los acuíferos locales y que los sistemas de abastecimiento operen con un 80% de eficiencia.

De las fuentes de agua analizadas se determinó que la disponibilidad para la Ciudad de Ensenada es de 6.66 hm³, de los acuíferos de Mexicali y Mesa Arenosa, de 2.37 hm³ del acuífero local, de 13.65 hm³ de la recarga de acuíferos por medio de tratamiento avanzado y de 14.33 hm³ por intercambio de uso. Además, por procesos de desalinización y compra de derechos se tiene capacidad de esas fuentes de manera ilimitada.

3 FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia fisiográfica

De acuerdo a la clasificación de las Provincias Fisiográficas realizada por INEGI (1997), la zona de estudio se encuentra en la Subprovincia de la Sierra de Baja California, a su vez contenida en la Provincia de Baja California. Esta subprovincia se caracteriza por estar conformada por rocas batolíticas graníticas, metamórficas y sedimentarias con un rango de edad que varía del Mesozoico al Reciente.

3.2 Clima

Con base en los datos históricos de precipitación, temperatura y evaporación de las estaciones climatológicas que cubren la zona de estudio, y con apoyo en la carta de climas, se observa que el clima predominante en el área estudiada es del tipo BSk, que corresponde a un clima seco templado, en tanto que, los valores reportados concernientes a la precipitación media anual son de 266.5 mm.

La temperatura media anual de acuerdo con datos medido en el periodo 1984 a 1993 (INEGI, 1997) es de 18.3° C, con una mínima de 15° C y una máxima de 23° C; el período donde se registran los meses más calurosos del año, abarca de julio a septiembre, en tanto que los meses más fríos corresponden de diciembre a febrero.

La precipitación promedio anual es de 266.5 mm; en un periodo comprendido entre 1984 y 1993 en la estación Ensenada y reportada por el INEGI en 1997; el período de lluvias, por lo regular se manifiesta en los meses de noviembre a febrero, ocurriendo un cambio radical en los índices de precipitación entre mayo y julio, en donde se reduce drásticamente.

La evaporación potencial media anual varía entre 1100 y 1580 mm; manifestándose los mayores índices de evaporación en los meses de mayo, junio, julio y agosto; en tanto que en los meses de diciembre y enero, se tienen los valores más bajos.

3.3 Hidrografía

El área corresponde a una cuenca abierta; delimitada hacia el oriente por la Sierra de San Pedro Mártir y al oeste por el Océano Pacífico, donde tiene su salida; se encuentra drenada por dos arroyos intermitentes, los cuales se originan en las partes altas de la sierra.

La zona de Ensenada pertenece a la Región Hidrológica No.1 “Baja California Noroeste” (Ensenada). Se encuentra localizada dentro de la Cuenca de los Ríos Tijuana y Maneadero; la zona de la cuenca del acuífero es de 919 km².

3.4 Geomorfología

Dentro de la caracterización geomorfológica del área de estudio, se definen dos unidades hidrogeomorfológicas, las cuales consisten en valles y sierras.

El valle, es considerado como la región más importante, debido a que constituye la zona en donde ocurre la recarga del acuífero por las lluvias que caen sobre este, los materiales que lo rellenan son de buena permeabilidad y están representados por arenas de grano medio a fino, arcillas y cuerpos de conglomerados.

En la zona de las sierras la infiltración se realiza a través del patrón de fallas y fracturas en las rocas, la cual será mayor a medida que la densidad de estas estructuras aumente; a su vez, en los valles la infiltración ocurre a través de los materiales granulares que constituyen el relleno.

Debido a las prominentes elevaciones montañosas que se encuentran en el límite oriental del área estudiada, éstas se consideran de permeabilidad baja a media, dado que funcionan como zonas de recarga; sin embargo, el agua derivada de las precipitaciones en las partes altas adquiere una gran velocidad debido a las fuertes pendientes, lo cual impide en gran medida su infiltración al subsuelo antes de llegar al valle.

4 GEOLOGÍA

La región donde se localiza el valle de Ensenada está representada por un marco geológico que ha sido delineado por la sucesión de eventos tectónicos relacionados con la evolución del borde occidental de Norteamérica, así como con los fenómenos que contribuyeron a la separación de la Península de Baja California, factores que llevaron a considerar a Baja California como una provincia estructural (GYMSA, 1998).

Dentro de este contexto puede considerarse que el panorama morfoestructural que presenta hoy en día la región de Baja California ha sido establecido por diversos eventos geológicos que datan desde la Era Paleozoica y culminan con la formación del Golfo de California, dominado por un ambiente de apertura con vulcanismo marino y fallamiento transforme.

4.1 Estratigrafía

De acuerdo con Mejía (1990, en Gymsa 1998), la Península se divide en tres franjas preterciarias distribuidas a lo largo de un trend NW-SE, que muestran características petrológicas independientes y que representan las etapas evolutivas de la península a través de su historia geológica (figura 2).

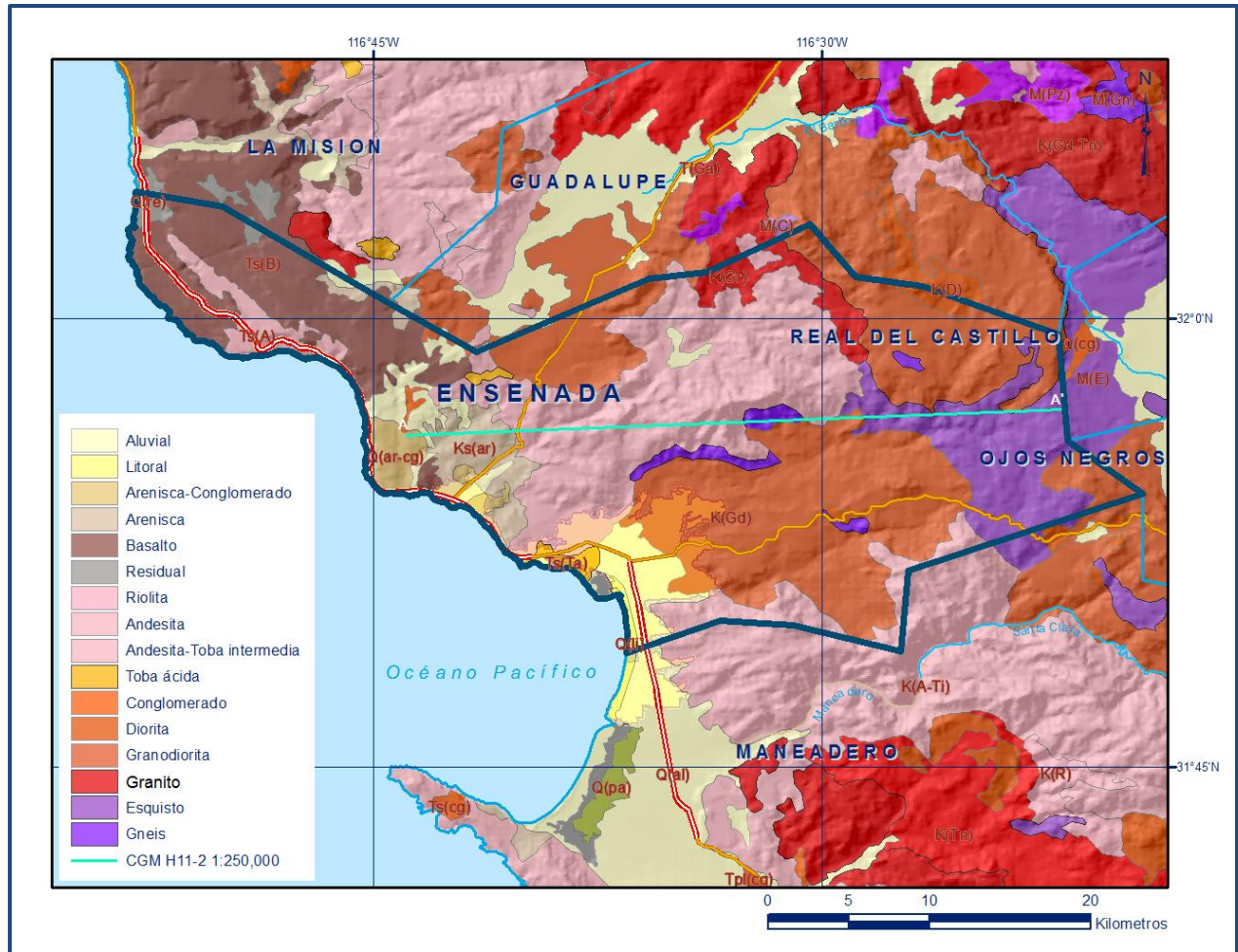


Figura 1. Localización del acuífero

La primera franja, ubicada en el extremo oriental de la península, la constituyen intrusiones de rocas de composición félsica de edad Mesozoica (tonalitas, granodioritas y granitos), materiales que se encuentran ampliamente distribuidos hacia el límite oriental del área estudiada, conformando la Sierra San Pedro Mártir.

En la porción centro occidental de Baja California, y hacia los sectores central y oriental del área estudiada, se posiciona la segunda franja, misma que está compuesta por una asociación de rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias que datan del Cretácico Inferior, cuya génesis se encuentra estrechamente asociada con la actividad de un arco volcánico (Arco Alisitos). Es común observar a dicha secuencia afectada por cuerpos intrusivos cretácicos.

La zona más occidental de esta región está caracterizada por la presencia de materiales sedimentarios, constituidos por sedimentos de origen marino y continental depositados en el Cretácico Superior y que conforman la tercer franja descrita por Mejía (*op. cit.*).

Todo el conjunto de materiales descritos llegan a estar parcialmente cubiertos por derrames volcánicos terciarios y por sedimentos recientes; estos últimos muestran los distintos ambientes que los originaron, de acuerdo a la posición geográfica que ocupan, es decir desde ambientes netamente continentales hasta de origen mixto o marino.

4.2 Geología estructural

El marco tectónico-estructural que se observa en el área de estudio ha sido moldeado por una serie de eventos que se desarrollaron en la margen occidental de Norteamérica, desde el Paleozoico hasta nuestros días.

Dentro de estos eventos, el que se encuentra gobernando las características estructurales de la zona, corresponde con la separación de la Baja California del territorio mexicano, durante el Plioceno (la cual continúa su apertura actualmente); este proceso ocasiona la activación de la parte meridional de la Falla de San Andrés. Por otra parte, la formación del Golfo de California implicó la generación de vulcanismo asociado con la actividad de un sistema de fallas transformes, que llegan a atravesar la Península y continuarse hasta el Océano Pacífico; dentro de estas estructuras destaca por su relativa cercanía con la región de Ensenada, la falla Agua Blanca.

Gymza (*op. cit.*), establece a partir del análisis de un imagen de Satélite la presencia de cinco tendencias principales de lineamientos, las cuales se encuentran dentro de un rango que varía de N25° - 65°W; se considera que, estas tendencias estructurales son producidas por un sistema conjugado formado por la Falla Agua Blanca, orientada en la dirección N60°W y otro lineamiento de características regionales, manifestado a lo largo de un rumbo N55°E; así mismo se interpreta que las tendencias con un sentido N25°W corresponden con las estructuras distensivas paralelas al esfuerzo principal que generó la Falla Agua Blanca. Finalmente los lineamientos que tiene la dirección N05°E son asociados con el evento del Terciario denominado Basin and Range, el cual se considera que afectó únicamente el sector oriental de la península.

4.3 Geología del subsuelo

El subsuelo del Valle de Ensenada consiste en un basamento gravimétrico, conformado por rocas metavolcánicas de la Formación Alisitos. Este cuerpo basal, aflora al oriente de la zona costera, profundizándose conforme se adentra hacia la playa. La configuración obtenida a partir de métodos potenciales, establece que, estos materiales se profundizan hacia la zona del mar y se encuentran subyaciendo a la secuencia sedimentaria de la Formación Rosario en los extremos norte y sur del valle respectivamente; esta unidad es predominantemente arenosa, sin embargo tiende a mostrarse más conglomerática en los sectores central y meridional del valle, lo cual se considera como la zona en donde la unidad presentaría los mayores índices de permeabilidad.

Cubriendo discordantemente a las rocas sedimentarias, se encuentra en la zona del valle una secuencia de materiales granulares con buenos índices de permeabilidad, representados por arenas de grano medio a fino, arcillas y cuerpos de conglomerados, los cuales fueron depositados en los cauces de los arroyos provenientes de las zonas montañosas, así como en las zonas de talud al pie de las prominencias topográficas; los espesores de esta secuencia varían de 30 a 80 m.

5 HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de acuífero

Con los resultados de la geología del subsuelo, la interpretación, hidrogeomorfológica, hidrología superficial y la interpretación de pruebas de bombeo, entre otros, fue posible definir un sistema acuífero libre desarrollado en un medio poroso.

Puede mencionarse que aunque existen las condiciones favorables para el desarrollo de un sistema acuífero dentro de un medio fracturado, que subyace al granular, su potencial se ve altamente limitado por el bajo potencial hidrológico de la región.

5.2 Parámetros hidráulicos

El conocimiento de las características hidráulicas del medio por donde circula el agua subterránea se obtuvo a través de las pruebas de bombeo, a partir de las cuales es posible determinar la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, estos parámetros hidráulicos son trascendentes en el conocimiento del acuífero.

La información geológica e hidroestratigráfica del Acuífero de Ensenada, supone la presencia de un acuífero libre, donde el agua subterránea se desplaza a través del medio poroso conformado por facies gravillentas y arenosas con una marcada influencia arcillosa; estos sedimentos forman parte de la unidad hidrogeológica de depósitos granulares fluviales.

Las características hidráulicas del acuífero mencionadas en el reporte de Estudios, Proyectos y Consultoría muestra un valor del coeficiente de almacenamiento de 0.10.

6 CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

De acuerdo con los datos expuestos en el reporte de Estudios, Proyectos y Consultoría en 1996, se reportan 118 aprovechamientos en este acuífero, los cuales generan una extracción de **4 hm³/año**, de los cuales 3 hm³ son utilizados para uso público urbano y 1 hm³ en el sector industrial.

7 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

En la actualidad solo se cuenta con los datos proporcionados en el estudio de 1996, del cual se obtuvieron los datos que se consignan a continuación.

7.1 Entradas

La recarga total está constituida por la recarga natural y la recarga incidental o inducida por la aplicación de agua en las actividades humanas, tanto de origen superficial como subterránea.

7.1.1 Recarga (R)

De acuerdo con los datos proporcionados por la CNA (2000), la recarga total en el Acuífero de Ensenada es de **3.7 hm³/año**.

7.2 Salidas

7.2.1 Extracción por bombeo (B)

De acuerdo con los datos reportados por la CNA (2000), el volumen total extraído en el Acuífero de Ensenada a través del bombeo, para todos los usos resultó de **4 hm³/año**.

Con respecto a los datos de salidas por evapotranspiración, por flujo subterráneo y descargas naturales, no se cuenta con información, por lo tanto no es posible calcular el cambio de almacenamiento.

Tabla 2. Balance de aguas subterráneas

Área total del acuífero			km ²	917
RECARGA TOTAL				
Área del valle			km ²	80
Coeficiente				
Precipitación			hm/año	266.5
Recarga natural por lluvia				
Entradas naturales				
Total de recarga natural				
Público Urbano				
Recarga inducida P.U.				
Agrícola más otros				
Recarga inducida Agrícola + otros				
RECARGA TOTAL			hm ³ /año	3.7
DESCARGA TOTAL				
Salidas horizontales				
Caudal base				
Evapotranspiración			hm/año	1100-1580
Extracción total			hm ³ /año	4.0
Manantiales comprometidos				
Agrícola				
Público				
Urbano				
Industrial				
Otros				
DESCARGA TOTAL				
Cambio de almacenamiento				-0.3
Coeficiente de almacenamiento				
Volumen drenado				
AGUA SUPERFICIAL				
Agrícola				
Público Urbano				
Industrial				

8 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:

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

Donde:

DMA = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero

R = Recarga total media anual

DNC = Descarga natural comprometida

VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas

8.1 Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual que recibe el acuífero (R), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para este caso, su valor es de **3.7 hm³/año**, todos ellos son de recarga natural.

8.2 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 este caso, el volumen considerado como descarga natural comprometida es de **DNC = 0.0 hm³ anuales**.

8.3 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 **10,775,300 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 **20 de febrero del 2020**.

8.4 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.

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= R - \text{DNC} - \text{VEAS} \\ \text{DMA} &= 3.7 - 0.0 - 10.775300 \\ \text{DMA} &= -7.075300 \text{ hm}^3/\text{año.} \end{aligned}$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario el déficit es de **7,075,300 m³ anuales** que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.

9 BIBLIOGRAFÍA

Proyectos, Estudios y Consultoría. S.A. de C.V. Definición de Nuevas Fuentes de abastecimiento para las zonas Urbanas del Norte del Estado de Baja California. Tomo 1, Diciembre, 1996.