Comisión Nacional del Agua

Subdirección General Técnica

Gerencia de Aguas Subterráneas

Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO PUERTO VALLARTA, ESTADO DE JALISCO

México, D.F., 30 de abril de 2002

CONTENIDO

1.- GENERALIDADES

1.1.- Localización.

1.1.1.- Coordenadas

1.1.2.- Municipios y Poblaciones

1.2.- Situación administrativa del acuífero

1.2.1.- Decreto de veda (Diario oficial del 12 de enero de 1978)

2.- ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

3.- FISIOGRAFÍA

3.1.- Provincia Fisiográfica

3.2.- Clima

3.2.1 Temperatura

3.2.2 Precipitación

3.2.3 Evaporación Potencial

3.3 Hidrografía

4.- GEOLOGIA

4.1.- Estratigrafía.

Rocas sedimentarias.

Rocas metamórficas

Rocas metamórficas

Rocas intrusivas

Rocas intrusivas

Rocas igneas extrustvas (volcánicas)

Geología Histórica y Tectónica.

4.2.- Geología del subsuelo

Arenas arcillosas.

Arenas gruesas y finas, gravas, gravillas y boleos mezclados con arcilla.

Conglomerados intercalados con areniscas.

Derrames, brechas, tobas y aglomerados de naturaleza ácida.

5.- HIDROGEOLOGIA

5.1.- Tipo de acuífero

Formación hidrogeológica I

Formación hidrogeológica I

Formación hidrogeológica II

Formación hidrogeológica II

Formación hidrogeológica III

Formación hidrogeológica III

5.2.- Parámetros hidráulicos.

5.3.- Piezometría

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1.- Profundidad al nivel estático

5.4.2.- Elevación del nivel estático

5.4.3.- Evolución del nivel estátic

5.5.- Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Familias de Agua.

Conductividad Eléctrica

Conductividad Eléctrica

Ion Sodio (Na^+).

Ion Calcio (Ca^{++})

6.- CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA

7.- BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

7.1.- Entradas

7.1.1.- Recarga Natural

7.1.2.- Recarga Inducida

7.1.3.- Flujo Horizontal

7.2.- Salidas

7.2.1.- Evapotranspiración

7.2.2.- Descargas naturales

7.2.2.1.- Flujo base del río Ameca.

7.2.3.- Bombeo

7.3.- Cambio de almacenamiento

Ecuación de balance

8.- DISPONIBILIDAD

8.1.- Recarga total media anual (Rtma).

8.2.- Descarga natural comprometida (Snc.).

8.3.- Rendimiento permanente (Rp).

8.4.-Volumen concesionado de aguas subterráneas (Vconc.).

8.5.- Disponibilidad de aguas subterráneas (Disp).

8.5.b.- Disponibilidad de aguas subterráneas.

9. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.

LAMINAS

- Curvas de igual profundidad del nivel estatico en metros.1998
- Curvas de igual elevación del nivel estatico en metros.1998
- Curvas de igual evolución del nivel estatico en metros.1985-1998
- Localización

ACUÍFERO : PUERTO VALLARTA

1.- GENERALIDADES

1.1.- Localización.

El área de estudio se encuentra comprendida entre la zona limítrofe de los Estados de Jalisco y Nayarit, enclavada en la vertiente occidental de la Sierra Madre. Cubre una superficie de aproximadamente 2,624 km^2 (600 km^2 la zona acuífera, la cua esta limitada al sur por la Ciudad de Puereto Vallarta y el Cerro La Mona, al oriente por el Cerro Quelitán y los poblados de Las Palmas y Tebelchia, Jal.; al norte por la Sierra Vallejo y al occidente por el Océano Pacífico).

1.1.1.- Coordenadas

Los limites de la zona estan definidos por el polígono de definición del área:

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	105	18	57.6	20	30	46.8	Del 1 al 2 por la línea de bajamar a lo largo de la costa
2	105	16	44.4	20	40	15.6	Del 2 al 3 por el límite estatal
3	105	7	30.0	20	53	31.2	
4	104	59	2.4	20	51	14.4	
5	104	50	24.0	20	44	34.8	
6	104	49	33.6	20	41	9.6	
7	105	1	37.2	20	44	2.4	
8	105	9	43.2	20	41	49.2	
9	105	8	24.0	20	38	24.0	
10	105	1	40.8	20	37	37.2	
11	104	57	39.6	20	29	9.6	
12	105	0	14.4	20	21	21.6	
13	105	7	4.8	20	22	58.8	
14	105	10	37.2	20	27	50.4	
1	105	18	57.6	20	30	46.8	

1.1.2.- Municipios y Poblaciones

MUNICIPIO	PRINCIPALES POBLACIONES
PUERTO VALLARTA	Puerto Vallarta, Pitillal, Las Juntas, Ixtapa, Las Palmas, San Sebastian.

1.2.- Situación administrativa del acuífero

1.2.1.- Decreto de veda (Diario oficial del 12 de enero de 1978)

Decreto de veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento de aguas del subsuelo de los mantos acuíferos, en la superficie comprendida dentro del límite geopolítico del Municipio de Puerto Vallarta, del Estado de Jalisco

2.- ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

- En el año de 1990, la compañía CIEPS Consultores, S.A. de C.V. realiza el estudio denominado "**Diagnostico y Proyecto de Rehabilitación de los Pozos y Equipos Electromecanicos y Proyectos de Pitometria y Macromedición del sistema de Agua Potable de Puerto Vallarta, Jal. Y Actualización Geohidrológica del Acuífero del Valle del Río Pitillal – Mascota.** En este estudio se actualizó el censo de obras, principalmente pozos, ya que la gran mayoría de norias se encontraban azolvadas o abandonadas, el total de obras censadas fue de 122 pozos y 21 norias. Se nivelaron 27 aprovechamientos cubriendo un total de 60 km de recorrido.Se tomaron 32 muestras de agua subterránea para análisis físico-químico.

- En 1998 fue realizado el estudio "**Reactivación de Redes de Monitoreo de los Acuíferos de los Valles del Llano, Aguascalientes; Tesistán - Atemajac Toluquilla, Ciudad Guzmán y Ameca, Jalisco; Puerto Vallarta-Valle de Banderas, Jalisco-Nayarit; La Barca-Yurécuaro, Jalisco-Michoacán; Amascala-La Griega-Buenavista, Querétaro y Loreto, Jerez, Zacatecas."** por la empresa Proyectos Moro. En este estudio se redefinio la red de pozos piloto, estableciendose esta con 20 aprovechamientos. Se analizaron datos de 19 pozos y se sugiere la construcción de un piezómetro. La evolución mayor (en los meses de diciembre del periodo 1985-1998) se registró hacia la zona de San Juan de Abajo (8m). En el resto de la zona las evoluciones no son mayores a los tres metros, e incluso se encontraron evoluciones positivas.

Aparte de estos estudios, no existen otras investigaciones sobre el valle, únicamente se cuenta con algunas observaciones de niveles del agua subterránea realizadas para la margen derecha del valle por las desaparecidas Residencias de Geohidrología y de Zonas Aridas de Nayarit y Jalisco y las actuales Subgerencias Técnicas en dichos estados.

3.- FISIOGRAFÍA

3.1.- Provincia Fisiográfica

La zona se encuentra ubicada en la Provincia Fisiográfica de la "Zona Montañosa de la Costa del Suroeste" según la clasificación efectuada por el Ing. Manuel Alvarez Jr. en 1961. Esta provincia se extiende desde el Puerto de San Blas, Nayarit, hasta el Puerto de Acapulco, Guerrero. Se encuentra entre los 1,500 metros de altura y el nivel del mar y está caracterizada por tener una planicie costera muy estrecha de unos 10 kilómetros de promedio. Las rocas que predominan en esta provincia son esquistos paleozoicos, intrusiones graníticas y sedimentos calcáreos mesozoicos; además se presentan algunos derrames riolíticos y basálticos.

El área en si esta caracterizada como una extensa planicie costera rodeada por terrazas fluviales de gran altura en ambas márgenes del río Ameca, sobresaliendo mayormente este rasgo en el Estado de Jalisco, que corresponde toda ella a la margen izquierda. Estas terrazas, constituidas por guijarros, gravas, arenas y arcillas con algunas intercalaciones de lentes arenosos compactos, se encuentran localizadas al pié de las sierras circundantes que constituyen el parteagüas hidrográfico de la zona en estudio. Estas sierras están constituidas principalmente por rocas intrusivas de naturaleza granítica. Coronando a estos afloramientos se observan algunos derrames riolíticos y basálticos, los que ocasionalmente cubren a los sedimentos clásticos anteriormente mencionados.

La parte central del valle, que corresponde a la ribera de los ríos Ameca y Mascota, presenta una pendiente mínima, como consecuencia del actual labrado y la erosión fluvial llevada a cabo por los escurrimientos superficiales; esta pendiente se incrementa conforme se aleja de la ribera, hasta alcanzar desniveles hasta de 50 metros con respecto al cauce del río.

En general, las grandes elevaciones circundantes, presentan fuertes pendientes y acantilados estando separadas por profundas cañadas que contienen a los principales arroyos que se encuentran disectando las terrazas fluviales existentes.

3.2.- Clima

Con ayuda de la carta clímatica escala 1:1000,000 editada por la Dirección General de Geografía (DGG) se determinarón las condiciones climáticas del área.

De acuerdo a la clasificación climatológica basada en Köppen (1936) modificada por E. Garcia (1964) para adaptarla a la República Mexicana, indica que la zona presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano e invierno seco del tipo (A)(W1)(W).

3.2.1 Temperatura

La temperatura media anual en la zona es del orden de los 26° C, teniendo su maxima en el mes de agosto con 28.6° C y su minima en el mes de febrero con 22.7° C.

3.2.2 Precipitación

Las estaciones seca y humeda se presentan bien definidas, correspondiendo la primera a los meses de noviembre a mayo; la precipitación se presenta durante los meses de junio a octubre con un valor anual medio de 1300 mm, la precipitación mínima se observa en el mes de mayo con un valor medio de 4.2 mm y la máxima en el mes de agosto con un valor medio de 258 mm.

3.2.3 Evaporación Potencial

La evaporación potencial anual varia entre 1600 y 2050 mm con una media de 1710 mm.

3.3 Hidrografía

La zona geohidrológica de Valle de Banderas se ubica dentro de las Regiones Hidrológicas No. 13 y No.14, estando en esta ultima contenida la mayor parte de su superficie.

Las principales corrientes superficiales que drenan a la cuenca en estudio son los ríos Ameca y Mascota, que nacen a 25 km al W de Guadalajara y 12 km al oriente de Mascota, respectivamente, siendo este último afluente del primero; la confluencia entre ambos, se localiza a 5 km aguas arriba de la desembocadura del río Ameca al Océano Pacífico. Otras corrientes alimentadoras a este río lo constituyen los arroyos Guastitán y San Sebastián que lo confluyen por la margen derecha e izquierda respectivamente.

De todas estas corrientes, las únicas con flujo base son el río Ameca, el río Mascota y el Arroyo San Sebastián. Las restantes son de carácter intermitente, contándose numerosos arroyos que pierdan su traza al entrar al valle, como consecuencia de un cambio de permeabilidad. El drenaje del área esta representado por un sistema dentrítico y rectangular en las partes altas y otro sistema paralelo y rectangular en el valle propiamente dicho.

4.- GEOLOGIA

Las rocas que afloran en la región son, atendiendo a su origen, Igneas (intrusivas y extrusivas), metamórficas y sedimentarías, las cuales abarcan desde el Paleozoico (metamórficas) hasta el reciente.

En cuanto a su distribución, las rocas sedimentarias representadas por clásticos del Terciario y Cuaternario, ocupan la mayor superficie del área, siguiéndola en importancia las metamórficas, volcánicas, y por último las intrusivas.

4.1.- Estratigrafía.

Rocas sedimentarias.

Dentro de este grupo de rocas estan considerados los conglomerados y areniscas (TQ-cg-ar), que constituyen las terrazas fluviales localizadas al pié de las sierras circundantes y los materiales recientes (Qal), (Qf), (Pa) depositados en las cercanías de los ríos Ameca y Mascota. Los conglomerados (cg) están constituidos por guijarros,- gravas y arenas, encontrándose intercalados con areniscas (ar) arcillosas compactas. Estos conglomerados, están por lo general mal clasificados, pero en ocasiones, se presentan con predominancia en gravas o bien en arenas gruesas o gravillas. Las areniscas son de grano medio, encontrándose en la mayoría de las veces con alto contenido de arcilla , variando su grado de compactación en las que se observa ocasionalmente el cementante.

Los depósitos aluviales y fluviales del reciente (Qal) (Qf) consisten en cantos rodados, guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas, los cuales están supeditados a los cauces de los principales ríos y arroyos, así como a las planicies de inundación ó vegas de los principales ríos.

Los depósitos palustres (Pa) se encuentran en áreas cercanas al litoral del Océano Pacífico.

En la margen derecha del río Ameca, en áreas cercanas a la Sierra Vallejo, se observan algunos depósitos clasificados como de piamonte (Pi). Estos depósitos presentan las características peculiares de un conglomerado tectónico, los cuales son originados a partir del desprendimiento de grandes bloques de rocas Igneas intrusivas ó de areniscas, a partir de las cuales, y con la ayuda del intemperismo llevado a cabo principalmente en los feldespastos, adquieren gran similitud con los conglomerados sedimentarlos.

Rocas metamórficas

Están representadas por esquistos, gneiss y algunos afloramientos de mármol, los cuales ocurren en la Sierra Vallejo localizada en el límite norte del área.

Estas rocas, que se han considerado tentativamente pertenecientes al Cámbrico, se encuentran bastante deformadas e intrusionadas por rocas graníticas, siendo éstas las que constituyen el núcleo de la Sierra Vallejo. Debido a esto se observan algunos pequeños afloramientos de granito, presentándose generalmente asociados a algunas líneas de estratificación de esquistos y mármoles.

Rocas intrusivas

Granito (Gr)

Estas rocas se encuentran intrusionando a las rocas metamórficas localizadas en la Sierra Vallejo, presentándose, además en la porción sur del área, donde se encuentran semicubiertas por una alternancia de rocas volcánicas ácidas.

A estas rocas se les atribuye que fueron originadas durante el Mesozoico en el período Cretácico.

Rocas igneas extrustvas (volcánicas)

Esta unidad esta ampliamente distribuida en las porciones sur y noroeste de la cuenca. Los derrames riolíticos presentan espesores de hasta 50 metros con intercalaciones de algunas tobas de la misma composición. En- Algunas zonas estas tobas se encuentran asociadas a Ignimbritas

de espesor y extensión limitada. Los aglomerados se presentan principalmente en las laderas de los cerros que circundan los valles.

Este conjunto de rocas cubren tanto a las rocas metamórficas como a las intrusivas.

Basaltos TQ (b)
Se les encuentra cubriendo a las rocas antes citadas. Se presentan en forma de coladas con áreas de afloramiento muy reducidas. A estas rocas, por su posición se les ha considerado del Terciario Superior-Cuaternario.

Geología Histórica y Tectónica.

De acuerdo a la clasificación del mapa tectónico realizado por Manuel Alvarez Jr., el área en cuestión queda ubicada dentro del Gran Geoanticlinal Occidental, ocupando la porción centrooccidental de tal delimitación, quedando comprendida al norte por el Flanco de Sinaloa y al sur por el levantamiento del Sur (Cretácico Medio), que contiene la zona de Fractura Clarión. El límite occidental está dado por el Océano Pacífico y el oriental por los pliegues del Geosinclinal Mexicano (Orógeno Mexicano).

Las primeras manifestaciones de origen tectónico, tienen lugar a fines del Paleozoico durante la llamada Revolución Herciniana, originada a finales de dicha Era.

Durante este evento, grandes mesas de tierra, constituidas en aquel entonces por sedimentos calcáreos y elásticos finos, fueron elevadas para formar parte del continente. Durante estos eventos orogénicos, los materiales que originalmente consistían en calizas, lutitas y conglomerados, fueron plegados intensamente durante la Revolución Herciniana. Estos plegamientos, propiciaron que se llevara a cabo un metamorfismo dinámico en los sedimentos preexistentes, modificando sustancialmente las características de ellos, para convertirlos en rocas metamórficas, dando origen a los esquistos, gneisses y mármoles.

A partir de esa Era y hasta principios del Cretácico, no se registran eventos de importancia, llevándose a cabo principalmente los procesos de erosión, que disgregaron en forma considerable los depósitos mencionados.

Durante la primera parte del Cretácico, se producen nuevos movimientos que propician la invasión del mar, depositándose en el área rocas calcáreas y sedimentos finos los cuales

únicamente se observan al norte de la población El Colomo. A fines de este período, la zona vuelve a emerger debido a la intrusión de cuerpos graníticos y granodioríticos, motivando con esta intrusión, un doble metamorfismo dinámico-termal.

Esta intrusión de masas ígneas dio lugar a la formación de algunas láminas ó seudoestratos de espesor- variable las cuales fueron forzados a penetrar a lo largo de superficies de estratificación ó clivaje, dando lugar a un gneiss de inyección, observándose cuerpos de rocas graníticas alternadas con las rocas metamórficas intrusionadas.

Los afloramientos de los depósitos marinos del Cretácico, dentro de la zona que nos ocupan no se presentan, únicamente se observan como pequeños vestigios en la margen izquierda del Río Ameca, frente a la población El Colomo: estos se encuentran cubiertos por rocas volcánicas Terciarias. En el resto del área fueron erosionadas, ó bien se encuentran completamente cubiertas por los mismos derrames volcánicos.

A fines del período Cretácico y a principios del Terciario, ya cuando las tierras se encontraban intrusionadas y completamente emergidas, la Revolución Laramídica dio lugar a la formación de varias fallas geológicas con las cuales se originó la formación de un "graben".

A partir del Terciario Superior al Reciente, los procesos han sido principalmente exógenos, siendo el fluvial representado por los ríos Ameca y Mascota el de mayor importancia.

La última evidencia del vulcanismo en el área, esta representada por los derrames basálticos del Terciario-Cuaternario los cuales ocupan áreas muy restringidas dentro de toda la cuenca estudiada.

4.2.- Geología del subsuelo

Mediante 73 sondeos eléctricos verticales de resistividad distribuidos en 13 secciones: 5 transversales y 8 longitudinales, con una profundidad teórica de 600 m y una penetración del orden de los 450 m en promedio y calibrados con los cortes litológicos y registros eléctricos de los pozos perforados en el valle, se infirieron los siguientes resultados:

El espesor de los materiales de relleno es del orden de los 300 metros en promedio y se encuentra constituido por arenas gruesas y finas incluidas en una matriz de minerales arcillosos; gravas, gravillas y boleos empacadas en arena y conglomerados compactos intercalados con

areniscas. Dentro de esta formación de materiales clásticos se distinguieron de acuerdo a los valores de resistividad las siguientes unidades:

Arenas arcillosas.
En la margen derecha del valle están compuestas por arenas de cuarzo y feldespato incluidas en una matriz de minerales arcillosos provenientes de la alteración de rocas intrusivas y metamórficas. Se encuentran en esta margen desde la superficie y en espesores máximos de unos 80 metros. Hacia el centro del valle y a una profundidad de 150 metros, se detecto la sima de una capa arcillo-arenosa, la cual por la profundidad a la que fue detectada probablemente corresponda a un sedimento de origen marino depositado durante una de las épocas de transgresión a que estuvo sujeta el área.

Arenas gruesas y finas, gravas, gravillas y boleos mezclados con arcilla.
Constituye la unidad litológica de mayor distribución y espesor en el subsuelo del valle, alcanzando espesores máximos del orden 350 metros hacia el centro del mismo. Dentro de esta unidad, se manifiestan cambios de facies laterales que dan lugar a una serie de interdigitaciones entre los diversos componentes que la forman.

Conglomerados intercalados con areniscas.
Esta unidad esta formada por gravas, arenas y boleos provenientes de la desintegración de rocas intrusivas y volcánicas compactadas en una matriz arcillosa. Estos materiales fueron detectados únicamente en el subsuelo de la margen izquierda donde alcanzan espesores del orden de los 150 metros.

Derrames, brechas, tobas y aglomerados de naturaleza ácida.
Subyacen en superficie en ambos márgenes del valle a las rocas intrusivas y metamórficas.

A profundidades del orden de 200 metros en los bordes del valle y hasta 450 metros en el centro, se encuentra el basamento impermeable del acuífero, este esta constituido por rocas intrusivas y metamórficas dispuestas en un arreglo estructural de bloques escalonados con desplazamiento vertical de los bordes hacia el centro del valle, donde parece definirse un bajo tectónico cuyo fondo no se pudo detectar.

5.- HIDROGEOLOGIA

5.1.- Tipo de acuífero

Teniendo en consideración las características físicas (grado de compactación, granulometria, fracturamiento, etc.) de los materiales que afloran en la zona, se pude asignar de manera cualitativa a cada material una permeabilidad y agruparlos en unidades hidrogeológicas :

Formación hidrogeológica I

Comprende a los depósitos aluviales y fluviales del centro del valle, los cuales presentan una variada granulometría, es la unidad que cubre la mayor superficie baja del área de estudio; su permeabilidad es alta, hidrogeológicamente actúa como un acuífero libre de buena potencialidad; en esta unidad se ubican la totalidad de pozos de la zona.

Formación hidrogeológica II

Comprende a los depósitos de conglomerados y arenisca, a los depósitos volcanosedimentarios del Cretácico, las tobas ácidas del Terciario y basaltos del Terciario Cuaternario; los primeros están empacados en una matriz fina y limitan lateralmente a la unidad hidrogeológica I a lo largo de la margen izquierda del río Ameca y en la parte alta de la margen derecha; el resto de los materiales presentan un fracturamiento moderado. La permeabilidad de la unidad va de media a baja.

Hidrológicamente estos materiales actúan en superficie como una zona de recarga restringida, mientras que en el subsuelo pueden llegar a conformar bajo condiciones especiales, acuíferos semiconfinados de baja potencialidad.

Formación hidrogeológica III

Esta unidad agrupa a las rocas graníticas del Jurásico, a las ígneas extrusivas del terciario y a los sedimentos finos depositados en cuerpos de agua de poca profundidad, cercanos a la línea de costa; la permeabilidad en general de estos materiales es baja, por lo que en la superficie el agua que se precipita sobre ellas sólo escurre, mientras que en el subsuelo funcionan como barrera impermeable.

De las unidades litológicas que constituyen acuíferos, destacan los depósitos aluviales y de relleno, los que por su buena permeabilidad, extensión y espesor, forman el acuífero más importante de la zona; cubriendo la mayor superficie del área, afloran en ambas márgenes del río Ameca, desde su entrada al valle en la parte norte hasta su salida al mar, haciéndose más

extensa su cobertura a medida que el río se acerca a la línea de costa; su espesor llega a ser de más de 300 metros en el centro del valle.

El resto de las unidades litológicas, por la baja permeabilidad que presentan no constituyen acuíferos, por lo que el agua precipitada sobre ellas se pierde a través de la evapotranspiración y el escurrimiento, por lo que no se da la infiltración.

5.2.- Parámetros hidráulicos.

El conocimiento de los parámetros hidráulicos del acuífero (transmisividad y almacenamiento) es fundamental para determinar el rendimiento y la potencialidad de su explotación, es por ello que se realizaron y analizaron pruebas de bombeo en pozos distribuidos en la zona. De esté análisis se obtuvieron valores de la transmisividad cuyo rango vario de 5×10^{-3} m^2/s a 30×10^{-3} m^2/s.

Los valores anteriores revelan que la capacidad transmisora del acuífero es de media a alta. La distribución espacial de la transmisividad muestra que los valores más altos se concentran en el centro de la zona, a lo largo de las márgenes del río Ameca; mientras que los valores más bajos se encuentran en la porción noroeste y sudeste de ésta.

El coeficiente de almacenamiento no pudo ser obtenido, esto debido a la imposibilidad de contar con datos para determinar su valor, ya que no se efectúo ninguna prueba de bombeo con pozo de observación, sin embargo, de acuerdo a su litología, se puede decir (ya que el acuífero se comporta como acuífero libre) que el coeficiente de almacenamiento es aproximadamente igual al rendimiento especifico, lo cual implica que su valor varia en el rango comprendido entre 0.1 y 0.3.

5.3.- Piezometría

La buena precipitación de la zona, aunada a la incipiente explotación de los mantos acuíferos y a la perennidad del río Ameca, a propiciado que los problemas que se presentan a causa de la explotación del agua subterránea, sea de índole menor, lo anterior a tenido como consecuencia que los estudios geohidrológicos realizados en la zona sean escasos e incompletos, y por ende, los datos piezométricos con los que se cuenta son pocos en cuanto a número y frecuencia de muestreo se refiere.

Los datos de piezometría con los que se cuenta en la actualidad, son los que se obtuvieron en los estudios realizados (1974, 1979, 1998) en la zona, complementados por mediciones esporádicas realizadas por las gerencias de Nayarit y Jalisco, pertenecientes a la C.N.A.

5.4 Comportamiento hidráulico

Basándose en los recorridos piezométricos efectuados, se realizaron planos de configuraciones que representan la profundidad, la altura y la evolución del nivel estático del agua en el acuífero de la zona de Puerto Vallarta. Mediante la interpretación de estos planos, es posible averiguar el comportamiento hidráulico del acuífero del valle.

5.4.1.- Profundidad al nivel estático

Los niveles del agua permanecen en la mayor parte del valle a profundidades someras, a excepción de ciertas áreas en donde se ha concentrado la explotación del acuífero, como es el caso de los alrededores de la población de El Pitillal, donde esta emplazada una batería de pozos para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Pueto Valllarta, Jal. Allí se observan niveles del agua subterránea algo mas profundos .

La distribución de las profundidades del nivel estático es la siguiente:

Hacia el borde oriental, la profundidad varia entre 1 y 4 metros, mientras que en la porción noroccidental esta variación esta entre 1 y 20 metros. Los valores más someros del nivel se observan en la porción central del valle, en las proximidades de las márgenes del río Ameca.

5.4.2.- Elevación del nivel estático

La configuración del nivel estático muestran un flujo preferencial del agua subterránea de noroeste a sudoeste y de noreste a sudoeste, siguiendo la dirección del río Ameca. Esto es comprensible, ya que las áreas de recarga se encuentran en las zonas limítrofes del valle con las formaciones montañosas del noroeste (sierra Vallejo) y sudeste (sierra Jolalpa). Puede observarse además que existe un drenado del acuífero por parte del río Ameca en el tramo comprendido de la población de San Juan de Abajo hasta aproximadamente la altura de la población San José del Valle, aguas abajo de la población mencionada anteriormente.

El flujo subterráneo sigue una dirección natural hacia el mar, sin que se observen distorsiones significativas en esté a causa de la extracción efectuada por pozos y norias de la zona.

Los niveles del agua subterránea en el acuífero se encuentran a una altura que varia de 6 a 50 msnm, encontrándose los valores mayores en las cercanías de las sierras aledañas y los menores conforme nos aproximamos a la línea costera.

5.4.3.- Evolución del nivel estático

La evolución del nivel del agua subterránea en un periodo de 13 años (dic. 1985 – dic. 1998) muestra que los mayores abatimientos se presentan en las inmediaciones de la población del Pitillal y en los bordes del valle (norte y oriente). El descenso del nivel del agua en el área situada en la cercanía de la población del Pitillal es del orden de los 2 metros (0.15 m/año), mientras que en los bordes norte y oriente del valle, los descensos han sido de menos de 1 metro (.07 m/año). El descenso de 2 metros en el Pitillal, se debe principalmente a que en ese lugar se encuentra emplazada una bateria de pozos que abastece de agua potable a la población de Puerto Vallarta, Jal.

En la porción central del valle, en las cercanías del río Ameca, la evolución del nivel estático fue de 0 metros, encontrándose en algunos puntos muy localizados (confluencia del río Macota) valores positivos.

La evolución del nivel estático promedio para un área de balance de 285.9 km^2 en el periodo considerado, presenta una recuperación del orden de los 0.26 cm.

5.5.- Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea

Familias de Agua.

Es posible clasificar a los diferentes tipos de agua que existen en una zona, de acuerdo con el anión y catión predominantes.
Se observa una predominancia de agua bicarbonatada - cálcica, en las áreas de recarga ubicadas al noroeste, norte y noreste del valle, manteniendo en general esta composición hasta la altura de la carretera Vallarta - Tepic. Dentro de esta gran área a la altura de la brecha que une El Porvenir con la carretera antes mencionada, se presenta una zona con agua mixta(bicarbonatada

- cálcica - magnésica) y diseminadas en el área existen pequeñas porciones con agua clorurada - cálcica.

Hacia la línea costera, existen áreas con predominancia del catión sodio y variando el anión principal entre bicarbonato, sulfato y cloruro.

Conductividad Eléctrica

A temperatura constante, la conductividad eléctrica solo es función de los iones presentes y de su concentración y puesto que su determinación es directa y relativamente sencilla, su utilización representa un medio confiable para estimar la calidad química del agua.

Las curvas de igual conductividad eléctrica presentan valores que van de 200 a 1000 micromhos/cm.

Los valores más bajos se presentan en las estribaciones de las sierras, incrementando su valor hacia el sudeste y noroeste, tendiendo a converger en el Río Ameca.

Hacia el poniente del valle, en los alrededores del poblado de la Mojonera, se presentan curvas con valores de 500 y 800 micromhos/cm.; valores considerados altos dada su ubicación y que es probable se encuentren asociados con materiales más arcillosos.

En las proximidades del poblado de las Juntas, existe un área con valores bajos (250 micromhos/em) y que por su ubicación, es factible pensar que se encuentra influenciada por los escurrimientos del Río Mascota.

Ion Sodio (Na^+). Se observa que las concentraciones de sodio varían entre 0.5 y 8 meq/l, aumentando su valor de las estribaciones de las sierras hacia el centro del valle y de la parte alta de la cuenca hacia la línea de costa.

En general, se observa la misma tendencia de incremento que para la conductividad.

Ion Calcio (Ca^{++}). Las direcciones de incremento coinciden con las observadas en las configuraciones del ion sodio y conductividad eléctrica.

6.- CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRIA

La distribución por usos es de la siguiente manera:

USO	NO. DE APROVS.	VOLUMEN EXTRAIDO (m3/año)
Agrícola	89	10,101,235
Domestico y otros	8	24,949
Industrial y Servicios	19	2,454,508
Pecuario	2	20,387
Público Urbano	35	24,553,998
T O T A L	72 norias, 81 pozos	37,159,873

Por lo tanto, en el acuífero de Puerto Vallarta, 153 aprovechamientos extraen 37,159,873 m^3/año.

7.- BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Mediante la aplicación de la ecuación de balance de aguas subterráneas, nos es posible saber si existe algún volumen susceptible de ser aprovechado sin dañar de forma permanente al acuífero, es decir, aplicando esta técnica podemos averiguar que disponibilidad de agua subterránea existe en la zona.

7.1.- Entradas

Se consideran entradas al acuífero todos los volúmenes de agua que de alguna manera ingresan en la formación acuífera procedentes de diversas fuentes, y que una vez en el acuífero, son susceptibles de aprovechamiento. Estas entradas pueden englobarse en dos categorias: Recarga natural y recarga inducida.

7.1.1.- Recarga natural

La recarga natural del acuífero está constituida principalmente por la recarga vertical que tiene lugar a través de la infiltración de la lluvia que cae sobre los materiales permeables de la zona, así mismo, constituye otra fuente de recarga la infiltración que se efectúa a lo largo de los cauces de los ríos Mascota y Ameca que atraviesan el valle, ya que estos se comportan en unos tramos como influentes y en otros como efluentes. Otra fuente de recarga es la infiltración que se presenta en los contactos de las formaciones permeables e impermeables. La recarga horizontal puede ser considerada tambien como una recarga natural.

7.1.2.- Recarga inducida

La recarga inducida se considera como el volumen de agua que llega a los acuíferos por intervencion directa del hombre, este tipo de recarga tiene lugar principalmente en las zonas de riego.

7.1.3.- Flujo horizontal

El flujo horizontal es una recarga natural del acuífero, está recarga esta representada por el volumen de agua que entra al valle subterráneamente proveniente de áreas de recarga distantes o salidas horizontales de agua de otros acuíferos.

El volumen calculado que entra como recarga horizontal al acuífero del valle, asciende a 18.75 millones de m^3 /año.

7.2.- Salidas

Como salidas se consideran los volúmenes que abandonan de una forma u otra los límites del acuífero, estas salidas pueden ser de diversa índole, aunque todas constituyen mermas a las reservas del acuífero.

7.2.1.- Evapotranspiración

La evapotranspiración constituye una salida de agua importante a considerar en acuíferos con niveles someros menores de un metro de profundidad. En el valle la evapotranspiración se lleva a cabo principalmente en ambas márgenes del río Ameca en donde las profundidades al nivel estático son menores a 1 metro y la cobertura vegetal (constituida principalmente por vegetación nativa en las proximidades del río) es manifiesta.

Existen en la zona superficies de inundación permanentes en la que la evaporación se realiza en forma directa. Con una suposición de que la evaporación real es del orden del 50% de la evaporación potencial, se estimo una descarga por este concepto del orden de los 67 millones de m^3 al año.

7.2.2.- Descargas naturales

Las descargas naturales del acuífero Puerto Vallarta se efectúan por medio de las salidas horizontales del agua subterránea, y por el drenado que el río Ameca hace al acuífero.

La evaluación del volumen que sale horizontalmente del acuífero y que descarga al mar, es del orden de los 3.3 millones de m^3 al año, El aprovechamiento de este volumen debe ser considerado cuidadosamente, ya que esta descarga sirve como una barrera que se opone a la intrución salina que amenaza al acuífero del valle.

7.2.2.1.- Flujo base del río Ameca.

El volumen drenado por el río Ameca es una descarga natural importante que tiene lugar en el acuífero de la zona, ya que esté drenado constituye una parte importante del flujo base que mantiene el río Ameca en su recorrido por el acuífero Puerto Vallarta.

Con objeto de obtener el volumen drenado por el río a su paso por la zona de Puerto Vallarta, la Gerencia Regional Lerma-Santiago-Pacífico instrumento, con apoyo de la Gerencia Estatal de la C.N.A. en Jalisco, una serie de mediciones hidrometricas para obtener los volumenes de agua que circulan por los rios Ameca y Mascota, para esto, además de las estaciones Gaviotas y La Desembocada ubicadas en el río Ameca y río Mascota respectivamente, se ubico una estación hidrometrica temporal en la desembocadura del río Ameca, a 300 metros aguas arriba del puente Ing. Manuel López de la Vega, allí, durante 5 días seguidos, se midio el gasto del río Ameca.

Mediante el procesamiento de los datos hidrometricos de las estaciones mencionadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Eestación	velocidad media (m/seg)	gasto medio (m^3/seg)	distancia al puente río ameca (m)	tiempo de transito hasta la est. puente (horas)	volumen transitado del 24 al 28 de marzo del 2000 (m^3)
Gaviotas Cauce principal		0.1448	28,700	12.116	50,898
La Desembocada	0.498	1.515	15,300	8.534	520,169
Puente río Ameca	0.658	3.929			1,634,534

El arroyo San Sebastian y la Planta de Tratamiento de Aguas de Ixtapa contribuyen al gasto registrado en la estación Puente río Ameca. Por desgracia no se conto con hidrometria de estos contribuyentes, sin embargo, por inspección visual se calcula que el gasto aportado por las dos fuentes es del orden de 1.4 m^3/s, lo que equivale a un volumen de 604,800 m^3 del 24 al 28 de marzo del 2000.

Por tanto, el volumen drenado por el río Ameca en su paso por el Valle de Banderas – Puerto Vallarta seria de:

1,634,534 – 520,169 - 50,898 - 604,800 = 458,667 m^3

lo que equivale a un gasto de 1.061 m^3/s

ó un volumen anual de 33,024,024 m^3/año.

Si se considera el hecho de que las mediciones se hicierón casi a finales de la época de estiaje, el volumen anterior puede considerarse como el volumen mínimo que drenara el río Ameca a su paso por el valle en el termino de un año.

En el estudio realizado en 1979 por la compañía Geocalli, la evaluación del volumen drenado se hizo de una forma indirecta, suponiendo que el volumen que entra entre unos canales de entrada determinados debe ser el mismo que sale por otros determinados canales de salida, y que su diferencia debe ser el volumen drenado por el río. La estimación del caudal drenado fue de 1.0 m/seg ó 31.5 millones de m^3/año.

Como puede apreciarse los resultados obtenidos en los dos casos son muy similares, por lo que se concluye que el volumen minimo drenado por el río Ameca en su paso por el valle es del orden de los 33 millones de m^3/año.

7.2.3.- Bombeo

La extracción de aguas subterráneas calculada en 1979, fue de 5 millones de m^3/año, los cuales eran extraídos por el 10% de las captaciones existentes en el área.

La extracción calculada en la actualidad es del orden de 37.2 millones de m^3/año, los cuales son extraídos por 81 pozos y 72 norias. El volumen anterior se obtuvo teniendo como base el censo de aprovechamientos subterráneos que la Gerencia de la C.N.A. en Nayarit levanto en marzo de 2000, en el acuífero de Puerto Vallarta – Valle de Banderas.

7.3.- Cambio de almacenamiento

La variación estacional del volumen del agua subterránea en Puerto Vallarta, tomando en consideración una superficie de 285.9 km^2, por lo que el cambio de almacenamiento es 0.

Ecuación de balance

La ecuación de balance del agua subterránea expresada en su forma más simple es:

Recarga total - Descarga total = Cambio de almacenamiento

La cual, para fines prácticos se puede expresar de la siguiente manera:

$$Eh + Rv - B - Sh - Dc - Et = \Delta S$$

Donde:
Eh – Entradas horizontales
Rv – Recarga vertical
B – Bombeo
Sh – Salidas horizontales
Dc – Descarga al río

Et – Evapotranspiración
ΔS – Cambio de almacenamiento
S – Coeficiente de almacenamiento

Despejando la recarga vertical (Rv) de la ecuación de balance, tendremos:

Rv = ΔS + B + Sh + Dc + Et – Eh

Rv	ΔS	+ B	+ Sh	+ Dc	+ Et	– Eh
67.75	0.0	37.2	3.30	16.51	29.49	18.75

Por lo tanto, la recarga total del acuífero es del orden de los 86.5 millones de m^3/año.

8.- DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad del agu subterránea, se aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción realativa a las aguas subterráneas establece la expresión siguiente:

Disponibilidad de agua subterránea en una unidad hidrogeológica. = Recarga total media anual. - Descarga natural comprometida - Volumen anual de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA

8.1.- Recarga total media anual (Rtma).

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural, más la recarga inducida, que para el acuífero de Puerto Vallarta es de **86.5 millones de metros cúbicos por año (Mm^3/año).**

8.2.- Descarga natural comprometida (Dnc.).

La descarga natural comprometida, se cuantifica mediante mediciónde los volúmenes de agua procedente de manantiales o de caudal base de los ríos alimentados por el acuífero,

que son aprovechados y concesionados como agua superficial, así como las salidas subterráneas que deben de ser sostenidas para no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes. Para el acuífero Puerto Vallarta la descarga natural se calcula en 17 millones de metros cúbicos por año (**Mm^3/año).**

8.3.- Volumen concesionado de aguas subterráneas (Vconc.).

En el acuífero Puerto Vallarta el volumen anual concesionado, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registrado Público de Derechos del Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002 es: ***30'915,493*** **m^3 anuales**.

8.4.- Disponibilidad de aguas subterráneas (Disp).

La disponibilidad de aguas subteráneas conforme a la metodología indicada en el proyecto de norma referido, 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:

38'584,507 = 86'500,000 – 17'000,000 - 30'915,493

La cifra indica que existe un volumen disponible de 38'584,507 m^3 anuales para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Puerto Vallarta en el Estado de Jalisco.

9. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.

1.- Estudio Geohidrológico Preliminar en la Zona Costera del Estado de Nayarit. S.A.R.H.; Subdirección de Geohidrologia y de Zonas Aridas; Servicios Geológicos, S.A
1974.

2.- Estudios Geohidrológicos en Diversas Zonas del Estado de Jalisco, Valle de Banderas. S.A.R.H.; Subdirección de Geohidrologia y de Zonas Aridas; Geocalli, S.A. Consultores
1979.

3.- Modelo Matemático del Acuífero de Valle de Banderas, Jalisco, Geocalli S.A.R.H.; Subdirección de Geohidrologia y de Zonas Aridas; Geocalli, S.A.
1980..

4.- Diagnostico y Proyecto de Rehabilitación de los Pozos y Equipos Electromecanicos y Proyectos de Pitometria y Macromedición del sistema de Agua Potable de Puerto Vallarta, Jal. Y Actualización Geohidrológica del Acuífero del Valle del Río Pitillal – Mascota. C.N.A.;Gerencia Regional Lerma-Balsas; CIEPS Consultores, S.A. de C.V. 2 tomos 1991.

5.- Reactivación de Redes de Monitoreo de los Acuíferos de los Valles del Llano, Aguascalientes; Tesistán - Atemajac Toluquilla, Ciudad Guzmán y Ameca, Jalisco; Puerto Vallarta-Valle de Banderas, Jalisco-Nayarit; La Barca-Yurécuaro, Jalisco-Michoacán; Amascala-La Griega-Buenavista, Querétaro y Loreto, Jerez, Zacatecas. C.N.A.; Gerencia de Aguas Subterráneas; Estudios y Proyectos Moro, S.A. de C.V.
1998.