

***Actualización de la disponibilidad media anual
de agua en el acuífero Valle de Ixtlahuacán
(0614), Estado de Colima***

*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.**

CDXXXVII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO"

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

ESTADO DE COLIMA

0614	VALLE DE IXTLAHUACÁN	15.4	1.8	5.878445	2.0	7.721555	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 SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO
VALLE DE IXTLAHUACÁN, ESTADO DE COLIMA*

INDICE

1. GENERALIDADES	3
Antecedentes	3
1.1 Localización	3
1.2 Situación Administrativa del Acuífero	5
2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD	5
3. FISIOGRAFÍA	6
3.1 Provincia Fisiográfica	6
3.2 Clima	6
3.3 Hidrografía	7
3.4 Geomorfología	7
4. GEOLOGÍA	8
4.1 Estratigrafía	8
4.2 Geología estructural	13
4.3 Geología del subsuelo	14
5. HIDROGEOLOGÍA	145
5.1 Tipo de Acuífero	15
5.2 Parámetros Hidráulicos	15
5.3 Piezometría	16
5.4 Comportamiento hidráulico	16
5.5 Hidrogeoquímica y Calidad del Agua Subterránea	20
6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA	20
7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	21
8. DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	23
8.1 Recarga total media anual	23
8.2 Descarga natural comprometida	24
8.3 Rendimiento Permanente	25
8.4 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA	25
8.5 Disponibilidad de aguas subterráneas	25
9. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	25

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DE IXTLAHUACÁN, ESTADO DE COLIMA

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”. Esta norma ha sido preparada por un grupo de especialistas provenientes de la iniciativa privada, instituciones académicas, asociaciones de profesionales, organismos de los gobiernos de los estados y municipios, y de la CONAGUA.

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 (REPGA).

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 REPGA. 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 Valle de Ixtlahuacán se localiza en la porción sureste del Estado de Colima, abarcando una superficie de 589 km²; aproximadamente a 6 km al sur de la Ciudad de Colima. Colinda al norte con el acuífero de Colima, al oeste y suroeste con el acuífero Armería – Tecomán-Periquillos, al Este con el acuífero Alzada-Tepames, y al sureste con el acuífero Coahuayana, Estado de Michoacán (Figura No.1). La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1.

El Acuífero Valle de Ixtlahuacán comprende parte de los municipios de Ixtlahuacán, Tecomán y Colima, estado de Colima; siendo la principal población Ixtlahuacán. Las principales actividades económicas de la población son la agricultura, el comercio y los servicios turísticos.

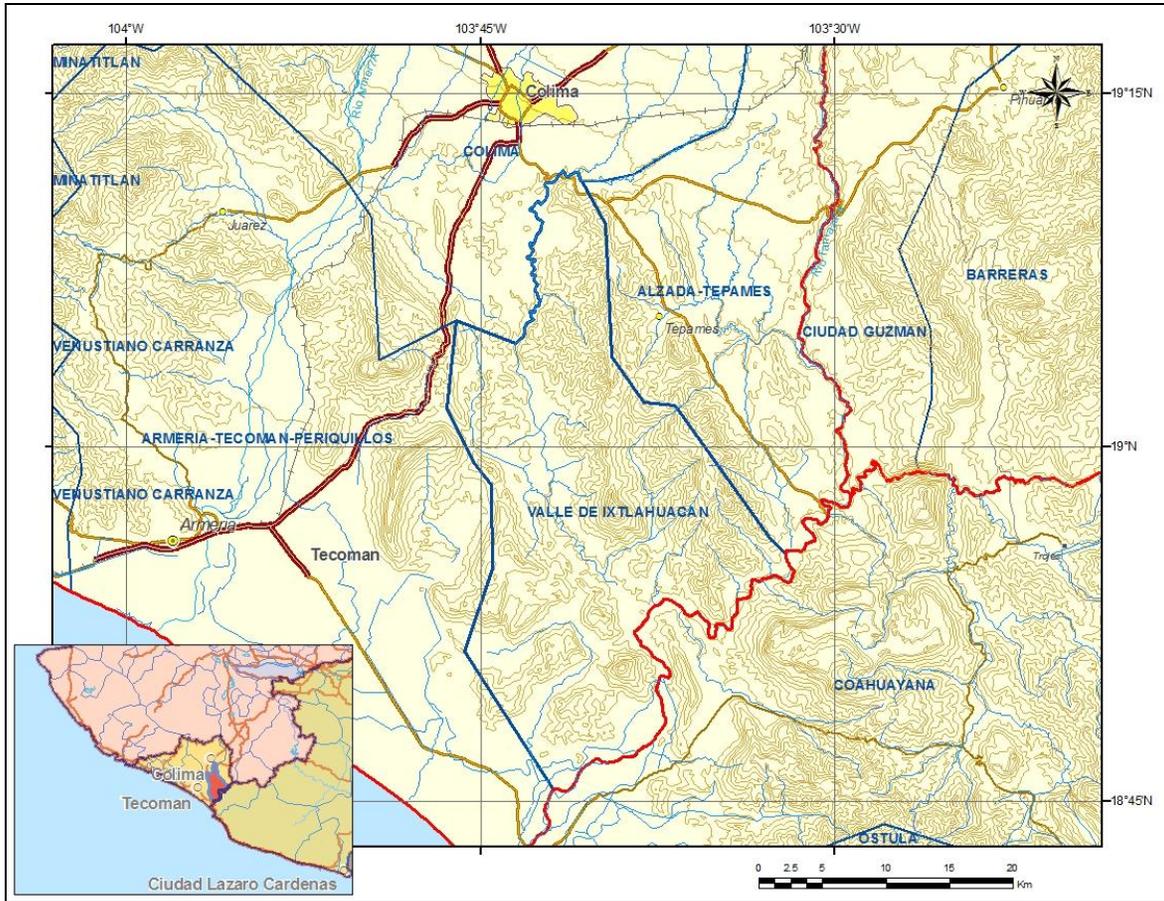


Figura No. 1. Localización del acuífero Valle de Ixtlahuacán, Colima

ACUIFERO 0614 VALLE DE IXTLAHUACAN

VERTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
1	103	32	2.9	18	55	27.9	DEL 1 AL 2 POR EL LIMITE ESTATAL
2	103	41	55.0	18	45	27.5	
3	103	44	46.7	18	49	53.0	
4	103	45	41.3	18	51	20.9	
5	103	44	29.8	18	54	48.4	
6	103	44	33.3	18	58	24.1	
7	103	45	17.1	18	59	22.0	
8	103	46	26.6	19	1	38.9	
9	103	46	3.1	19	5	22.9	
10	103	43	31.4	19	4	23.8	DEL 10 AL 11 POR EL CAUCE DEL RIO EL SALADO
11	103	40	44.2	19	11	17.4	
12	103	39	43.1	19	9	27.0	
13	103	39	27.2	19	3	50.0	
14	103	38	4.1	19	1	55.1	
15	103	36	46.7	19	1	46.8	
16	103	32	39.4	18	56	2.9	
1	103	32	2.9	18	55	27.9	

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

1.2 Situación Administrativa del Acuífero

El acuífero Valle de Ixtlahuacán pertenece a la región Hidrológico-administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico. La porción sur del acuífero se encuentra sujeta a las disposiciones del Decreto de Veda de Aguas del Subsuelo tipo II *“Zona Costera del Estado de Colima”*, publicado el 20 de agosto de 1973 que comprende la Costa de Colima, cuya extensión y límites geopolíticos corresponden a los Municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán, del Estado de Colima. La veda establece que *“excepto cuando se trate de extracciones para uso doméstico y abrevadero que se realicen por medios manuales, desde la vigencia del presente decreto nadie podrá ejecutar obras de alumbramiento de aguas del subsuelo dentro de la zona vedada sin contar previamente con el correspondiente permiso de construcción otorgado por la Autoridad del Agua; ni extraer o aprovechar las mencionadas aguas sin la concesión o asignación que expida también según el caso”*.

El resto del acuífero se encuentra sujeto a las disposiciones del Decreto de veda tipo II *“Resto del Estado de Colima”*, publicado el 21 de septiembre de 1984., *el cual establece que “...desde la vigencia del presente decreto nadie podrá efectuar obras de alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona vedada, ni modificar los aprovechamientos existentes, sin previo permiso escrito otorgado por la Autoridad del Agua, ...la que sólo los concederá únicamente en los casos en que de los estudios relativos se concluya que no se causarán los perjuicios que con el establecimiento de la veda tratan de evitarse”*

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (2007), los municipios de Ixtlahuacán y Colima se encuentran en zona de disponibilidad 7 y el municipio de Tecomán en zona de disponibilidad 6.

Los principales usuarios del agua subterránea son los agricultores. La ligera variabilidad del clima crea condiciones favorables para la agricultura, la cual se desarrolla de la siguiente forma: en las regiones bajas de climas cálidos se producen frutas tropicales como limón, coco, tamarindo, papaya, sandía, melón y plátano. Mientras que en zona alta y de clima ligeramente menos cálido se ha desarrollado una agricultura basada en cultivos como maíz, caña de azúcar, ajonjolí, arroz, chile verde y jitomate.

2. ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD

Los estudios que se han realizado en la zona son:

- **Estudio Geohidrológico Preliminar en los Valles de Tecomán y Manzanillo, Col; realizado por la empresa HIDROTEC, S.A. en 1974 para la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.** Los objetivos del estudio fueron determinar el balance de agua subterránea en cinco valles que conformaron la zona de estudio, determinar la posible existencia de intrusión salina en los acuíferos costeros; así como establecer las recomendaciones más convenientes para la explotación de las aguas subterráneas y para la vigilancia del avance de una posible intrusión marina hacia la zona de explotación. Incluye los acuíferos Valle Santiago-Salagua, Valle Jalipa-Tapeixtles, Valle El Colomo, Valle Venustiano Carranza, Valle Armería-Tecomán-Periquillos. Se efectuaron las siguientes actividades: censo, piezometría, nivelación piezométrica, hidrometría, fotogeología y recorridos de campo, pruebas de bombeo, sondeos eléctricos verticales, muestreo y análisis fisicoquímico.

- **Comisión Nacional del Agua. Sinopsis Geohidrológica del Estado de Colima. 1990.** Presenta un resumen de los aspectos climatológicos, fisiográficos, geológicos, de hidrología superficial, y condiciones geohidrológicas de los acuíferos del Estado de Colima.
- **Estudio de Actualización Hidrogeológica de los Acuíferos “Armería-Tecomán-Periquillos” y “Valle de Ixtlahuacán”,** Estado de Colima. Realizado en el 2006 por el Servicio Geológico Mexicano.

3. FISIOGRAFÍA

3.1 Provincia Fisiográfica

El acuífero Valle de Ixtlahuacán se ubica en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur, en la Subprovincia Sierra de la Costa de Jalisco y Colima, dentro de la Llanura Costera, (Raisz E., 1964). Dicha provincia está conformada por relieves que son el resultado de los procesos endógenos y exógenos; se caracteriza por presentar sistemas montañosos alargados de orientación noroeste-sureste, con altitudes máxima de 1500 msnm en el Cerro El Campanario y planicies costeras que oscilan entre el nivel del mar y los 100 msnm. Esta provincia fisiográfica se caracteriza por la presencia de fallas, anticlinales y sinclinales, así como rasgos de karsticidad observables hacia la zona de San Gabriel.

3.2 Clima

El clima dominante en el área de estudio es cálido subhúmedo. Éste se presenta en la región costera y en las zonas bajas del Valle de Tecomán; hacia el poniente el clima es semicálido y hacia el norte semiseco. El clima cálido se caracteriza por una temperatura media anual mayor de 22°C y está asociado a comunidades vegetativas del tipo de la selva baja, el manglar y los pastizales. Es el clima más importante de la entidad, debido a que ocurre en aproximadamente el 83 % de la superficie del Estado, se distribuye a lo largo de toda la zona costera, así como en el centro norte.

En la zona de estudio se localizan dos estaciones climatológicas: Ixtlahuacán (Servicio Meteorológico Nacional) e Ixtlahuacán (Dirección General de Estadística). La primera tiene registro de 1950 a 1974, y la segunda posee un registro que comprende el periodo de 1950 a 2001, aunque con algunos años incompletos. Esta última estación es la que presenta un registro mayor en el tiempo, por lo que los valores promedio de temperatura y precipitación fueron los que se consideraron representativos de la región.

3.2.1 Temperatura Media Anual

De acuerdo a la información registrada en la Estación Climatológica Ixtlahuacán (DGE) para el periodo de 22 años comprendido entre 1971 y 2001, la temperatura media anual es de 26.1° C; mientras que la temperatura máxima es de 39.5° C y la temperatura mínima 12.6° C.

3.2.2 Precipitación Media Anual

De acuerdo con la información de la Estación Climatológica Ixtlahuacán (DGE) de 41 años que comprende el período 1950-2001, la precipitación media anual corresponde a una lámina de 848.9 mm, mientras que la máxima fue de 1,546 mm y la mínima de 505 mm.

La temporada de lluvias ocurre en los meses de junio a octubre, en los cuales se presenta el 88% de la precipitación anual, el 7% ocurre de enero a mayo y el 5% restante de noviembre a diciembre, las cuales corresponden a períodos de transición de lluvias irregulares y dispersas (Hidrología y Climatología Colima).

3.3 Hidrografía

3.3.1 Región Hidrológica

El acuífero Valle de Ixtlahuacán está comprendido en la Región Hidrológica No. 16, denominada Armería-Coahuayana. Esta región hidrológica comprende la cuenca del Río Coahuayana en la que se localiza el acuífero en estudio.

3.3.2 Cuenca

El río Coahuayana constituye el límite entre los Estados de Colima y Michoacán. Su cuenca tiene una superficie total de 8097 km² y se extiende en los estados de Jalisco, Michoacán y Colima, correspondiendo a este último una porción de 2305 km². Es perenne en la planicie costera. En época de estiaje su escurrimiento procede de la descarga del acuífero y de los retornos de riego.

3.4 Geomorfología

Las distintas formas de relieve en el área son reflejo y consecuencia de la historia geológica de la región. La fase de deformación Laramídica ocurrida hacia finales del Cretácico y comienzos del Terciario, dio origen a la elevación y plegamiento de las unidades geológicas. Simultáneamente ocurrió el emplazamiento de grandes cuerpos graníticos que conforman sierras altas en la porción noroeste, con formas irregulares a semicirculares y elevaciones de hasta 1500 msnm.

Estas topoformas se observan muy disectadas por barrancas labradas por arroyos y forman pendientes abruptas. Hacia el Terciario Medio y Superior se manifiestan periodos de deformaciones distensivos, que dieron origen a fallamientos de tipo normal, con orientación preferencial noreste-suroeste y norte-sur. Estas etapas vienen asociadas al desarrollo de fosas tectónicas y volcanismo de tipo calcoalcalino y afinidad alcalina, que fue el responsable del emplazamiento de grandes depósitos de lahares hacia la parte norte y noreste de la zona en estudio. Las planicies costeras y rellenos sedimentarios que ocasionalmente forman lomeríos de pendientes suaves, son resultado de intemperismo, erosión y depósito. Sin embargo al noreste del área de estudio se observan algunos depósitos recientes de origen volcánico (lahares), que forman valles semiplanos con lomeríos, mostrando redes de drenaje poco desarrolladas.

4. GEOLOGÍA

La geología en el área de estudio comprende desde el Cretácico hasta el Reciente, está representada principalmente por secuencias volcanosedimentarias, cuerpos batolíticos del Cretácico y Paleógeno, así como depósitos volcánicos y aluviales del Reciente.

Las unidades más antiguas que afloran en el área de estudio pertenecen a la parte superior de la secuencia de arco volcánico en la Cuenca Jalisco-Colima. Esta secuencia, descrita como Formación Madrid, se caracteriza por presentar un claro dominio sedimentario con intercalaciones de secuencias terrígenas, areniscas y lutitas carbonosas en estratos delgados. Presenta cambio de facies con areniscas, conglomerados rojos de origen continental, algunos horizontes de rocas dacítico-andesíticas y depósitos de calizas arrecifales. La cubierta terciaria está representada por rocas volcánicas del Oligoceno-Mioceno y depósitos volcánicos y continentales recientes.

4.1 Estratigrafía

A continuación se describen las unidades geológicas que afloran en el área de estudio, de la más antigua a la más reciente Figura No.2.

Formación Madrid (Kpa Lu-Ar y Kpa Ar-Cz-Lu)

Secuencia de calizas de grano fino, de color gris oscuro, café oscuro al fresco y ocre amarillento al intemperismo. La estratificación es delgada a media, en alternancia con areniscas y lutitas carbonosas gris oscuro a negro. Sin embargo también se observan esporádicos niveles de margas de grano medio. Hacia la parte superior de la unidad alternan yesos. Se estima un espesor de 1000 m. La base de esta unidad no aflora, su contacto superior está subyaciendo en forma transicional a la Formación Morena del Albiano-Cenomaniano; hacia el oriente y suroeste del área de estudio cambia transicionalmente a las formaciones Ixtapa y Tepalcatepec, como resultado de un cambio lateral a facies de cuenca. Esta unidad es de permeabilidad baja a media.

Formaciones Ixtapa-Tepalcatepec (Kapa A-Cz y Kapa A, Ks Ar-Lm)

Es una unidad volcanosedimentaria con bancos calcáreos de escaso desarrollo vertical y horizontal, lutitas, areniscas, tobas riolíticas y dacíticas, conglomerados, niveles detríticos y escasos derrames andesíticos que afloran en la región de Tepalcatepec y Coalcomán. Sin embargo esta unidad se presenta en amplios afloramientos dentro del área de estudio. A lo largo de la carretera Jala-Madrid, en la porción noroeste del área, se observan gruesos derrames de andesita cubriendo en aparente concordancia a horizontes de caliza. Por sus características litológicas, de intemperismo y fracturamiento, se le atribuye una permeabilidad media a baja.

Dentro de la misma secuencia volcanosedimentaria de la Formación Tepalcatepec, la unidad señalada en el plano geológico con la clave **Ks Ar-Lm** (*Arenisca Limolita calcárea*), amerita una descripción particular. Se trata de una secuencia constituida en su base por caliza recristalizada, de textura espática fina con ligeras deformaciones y estructura compacta fracturada; la mineralogía se constituye por calcita, cuarzo, tremolita, hematita, arcilla y trazas de dolomita. Gradúa a alternancias de calizas y volcanoclásticos; estos últimos se componen por fragmentos subredondeados de roca ígnea extrusiva intermedia y de plagioclasas sódicas, además se

asocian con horizontes arenosos de composición tobácea. En este afloramiento en especial se puede apreciar la presencia de arenas y limos producto de la disgregación de la roca preexistente. La unidad presenta fracturas, diques básicos y fallas normales, así como pliegues en los horizontes calcáreos. Sobreyacen a calizas del Cretácico Inferior y subyacen a rocas volcanoclásticas del Cretácico Superior y depósitos clásticos del Cuaternario. Debido a las características antes descritas se le atribuye una permeabilidad que varía de baja a media.

Formación Morena (Kace Cz)

Está constituida por calizas relativamente puras de origen subarrecifal, se presentan en estratos que varían de 0.5 a 2 m de espesor y en bancos masivos con algunos niveles dolomíticos. El color varía de gris claro, gris medio y café claro. Sus texturas son variadas, mudstone, wackestone y packstone. Los niveles fosilíferos llegan a formar coquinas con espesores considerables, generalmente hacia la parte superior de la secuencia calcárea. Esta unidad sobreyace concordantemente a calizas y lutitas de la Formación Madrid y subyace discordantemente a la Formación Cerro de La Vieja. Se encuentra distribuida en la porción central y este del área de estudio, aflorando generalmente hacia la parte alta de la sierra (cerros El Picacho y Barrigón), la unidad forma altos escarpes y presenta karsticidad. Esta unidad tiene permeabilidad alta a media, según su grado de karsticidad y fracturamiento.

Formación Cerro de La Vieja (Ks Cgp-Ar)

Secuencia de conglomerados calcáreos que afloran en las inmediaciones del Cerro de La Vieja, ubicado a 3 Km al oeste de Coquimatlán. La formación está constituida por conglomerado calcáreo con matriz limolítica de lodo calcáreo, limolitas y areniscas. Esta unidad aflora al noroeste de Tecomán, a lo largo del flanco oeste del Río Armería. Constituida en la base por horizontes de conglomerado calcáreo de color rojizo con un cementante calcáreo-arenoso. Los clastos son subredondeados de rocas volcánicas y calizas y varían de 0.05 a 0.15 cm de diámetro; hacia la cima gradúan a una alternancia de arenisca y limolita de color rojo quemado a gris morado. La granulometría varía de grano fino a medio, se presenta bien clasificada y formando capas con espesores que varían de 0.15 a 1.20 m. Por su posición estratigráfica con respecto a la Formación Morena, se le asigna una edad Turoniano-Coniaciano, correlacionable con la Formación Cutzamala de la Cuenca de Huetamo. Por su litología, grado de cementación y fracturamiento, se considera que posee permeabilidad media a baja.

Volcanoclástico (Ks Vc)

Constituida por intercalación de tobas andesíticas e ignimbríticas. Presenta textura merocrystalina y petrográficamente se constituye por fragmentos de roca ígnea de composición intermedia, cuarzo, feldespato, calcita, sílice, hematita, limonita y esferulitas de clorita; se caracteriza por mostrar gradación, estructura lenticular y fuerte empaquetamiento. La unidad presenta pseudo-estratificación en algunos afloramientos que varían de 10 a 60 cm de espesor. El fracturamiento es principalmente en dirección noreste-sureste y en ocasiones presenta alteración hidrotermal asociada a intrusivos graníticos. Estos materiales sobreyacen a secuencias vulcanosedimentarias del Cretácico Inferior y subyace en discordancia a rocas volcánicas de composición intermedia del Paleógeno, rocas volcánicas de composición ácida del Oligoceno-Mioceno y a basaltos del Paleógeno al Plioceno-Cuaternario. La unidad se caracteriza por la ausencia de rocas sedimentarias calcáreas del Cretácico Inferior y conforma un solo paquete dentro del Cretácico Superior, que se extiende posiblemente hasta el Paleógeno.

Granito-Granodiorita (Ks Gr-Gd)

Forma parte del batolito granítico de Tomatlán, en la zona costera de Jalisco y Colima. Se encuentra aflorando ampliamente a lo largo y paralelamente a la costa del Pacífico y límite centro y norte de el área de estudio. Tiene sus mejores afloramientos en los alrededores de Tecolapa, hacia las inmediaciones del poblado Las Trancas y al sur de Guásimas, municipio de Ixtlahuacán, Colima. Es una roca de composición granítica a granodiorítica, de color blanco a amarillento, verde grisácea, en ocasiones muy alterada y deleznable hacia su superficie. Megascópicamente los minerales presentes son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, biotita, muscovita y hornblenda de textura fanerítica holocristalina, equigranular y alotriomórfica; su estructura es compacta masiva, en ocasiones es de forma esferoidal debido al intemperismo.

Batolito de Puerto Vallarta (Ks TpaGr-Gd)

Es uno de los plutones más grandes localizado a lo largo de la margen continental de México, cubre una superficie de aproximadamente 9000 Km². Aflora prácticamente desde Puerto Vallarta hasta Manzanillo. En la zona de estudio aflora al noroccidente de Tecomán, justo al sur de la Sierra de Manantlán.

Diorita (Tpa D)

Su mejor afloramiento se encuentra en el Cerro Escaltitlán, al sur del poblado de Rincón de López, Municipio de Tecomán. La roca está constituida de cuarzo, oligoclasa, andesina, hornblenda, augita y sericita; presenta un color blanco con tonalidades verdes, de estructura compacta, fracturada y textura fanerítica de grano medio a grueso. Las alteraciones hidrotermales son silicificación, piritización, alteración potásica, epidotización y oxidación moderada. Su permeabilidad es baja, aunque esta unidad rocosa presenta fracturamiento de baja intensidad.

Batolito Jilotlán (Tpae Gr-Gd)

Esta unidad se ubica en el extremo sureste del área de estudio. Presenta un relieve de suaves lomeríos profundamente disectados. Constituye una buena parte del Bloque Michoacán, incluye rocas intrusivas como granito, granodiorita, diorita y tonalitas. Se le atribuye en general una permeabilidad baja. Está cortado por numerosos diques de composición andesítica. Intrusiona a las formaciones Morena y Tepalcatepec.

Monzonita (Tpa Mz)

Las unidades de rocas monzoníticas, tienen sus mejores exposiciones al oeste de Pueblo Juárez, Municipio de Coquimatlán, Colima. Aflora en forma de lomeríos y está constituido por cuarzo alotriomórfico, oligoclasa, andesina, hornblenda y biotita; tiene textura hipidiomórfica, granular, con alteración sericítica y epidotización. Se presenta muy fracturada, en ocasiones alterada por intemperismo, presenta un color blanco con tonalidades amarillas y variaciones a cuarzomonzonita. Se encuentra intrusionando a rocas vulcanoclásticas, al granito del Cretácico Superior y a las secuencias litológicas del Cretácico Inferior. Por su posición estratigráfica, se le asigna una edad correspondiente al Paleógeno.

Arenisca-Conglomerado (Qpt Ar-Cgp)

Unidad constituida por material clástico con diferentes grados de redondez, producto de la erosión de rocas preexistentes; alterna con horizontes arenosos. Aflora en las inmediaciones del Río Coahuayana y en la porción sureste del área de estudio. En la zona del Río Coahuayana está constituido por arenas y gravas con una gradación de granos gruesos a finos, provenientes de lahares de aparatos volcánicos localizados al noreste del área de estudio. Los espesores aproximados en los cortes de los arroyos más profundos son de 100 m, esta unidad cubre discordantemente en Boca de Apiza a calizas de la Formación Morena, lutitas calcáreas de la Formación Madrid y conglomerados polimícticos de la Formación Cerro de La Vieja. Se encuentra rellenando valles, su morfología es de abanicos aluviales y por su posición stratigráfica se consideran de edad Pleistoceno. Presenta permeabilidad alta, debido a su pobre consolidación e intersticios entre clastos con espacios libres o arenosos.

Formación Atenquique (Qpt Lh-Pc)

La Formación Atenquique está compuesta por una extensa distribución de lahares andesítico-basálticos provenientes de las erupciones pliocuaternarias de los Volcanes de Fuego y Nevado de Colima. Son depósitos volcánicos con estratificación burda que comprenden cenizas, brechas de explosión y depósitos de avalancha. Esta unidad se localiza al noreste del área de estudio en pequeñas porciones hacia la parte norte del acuífero Valle de Ixtlahuacán. Se encuentra bien expuesta, su modo de ocurrencia es en forma de abanicos aluviales rellenando valles, se observan disectados por escarpes verticales con algunas decenas de metros de altura. La unidad está constituida por fragmentos subredondeados distribuidos caóticamente en una matriz arenosa y cementada. Los fragmentos son de composición andesítica a basáltica, el color de los afloramientos es gris con tonos blancos. El espesor estimado de estos depósitos es de 100 m o menos ya que son las partes más alejadas del volcán de Colima.

Aluvión (Qho al)

El aluvión rellena valles y llanuras en toda la zona de estudio. Conforman la planicie costera de Tecmán, e incluye los depósitos granulares recientes acarreados por los ríos y arroyos que desembocan en la costa. Está constituido por materiales no consolidados derivados de la destrucción de las áreas positivas; incluye fragmentos líticos de rocas intrusivas, volcánicas, calcáreas y metamórficas, empaquetados en una matriz arenosa constituida por minerales de cuarzo, feldespatos, plagioclasas y ferromagnesianos, principalmente. La granulometría de estos depósitos es muy variable y va del tamaño de la arcilla a cantos rodados, con una redondez que varía de redondeados a subangulosos, su espesor aproximado fluctúa entre 2 m y un máximo de 350 m.

Depósitos Palustres (Qho pa)

Son depósitos granulares cercanos a la línea de costa, asociados a ambientes de lagunas litorales. Se localizan en la porción sureste del área de estudio. Los depósitos están formados por limos y arcillas en zona de pantanos donde se mezcla un ambiente marino y fluvial. Por su carácter limo-arcilloso éste material se considera de permeabilidad media a baja. El espesor de los depósitos es menor a 100 m.

Depósitos de Litoral (Qho li)

Son depósitos granulares que se encuentran a lo largo de la línea de costa. Están constituidos por arenas finas a gruesas depositadas y retrabajadas por acción del oleaje y los vientos. A esta unidad litológica se le asigna permeabilidad alta.

La Figura No. 2 muestra el mapa geológico del área de estudio, donde se muestra la localización de las secciones geológicas.

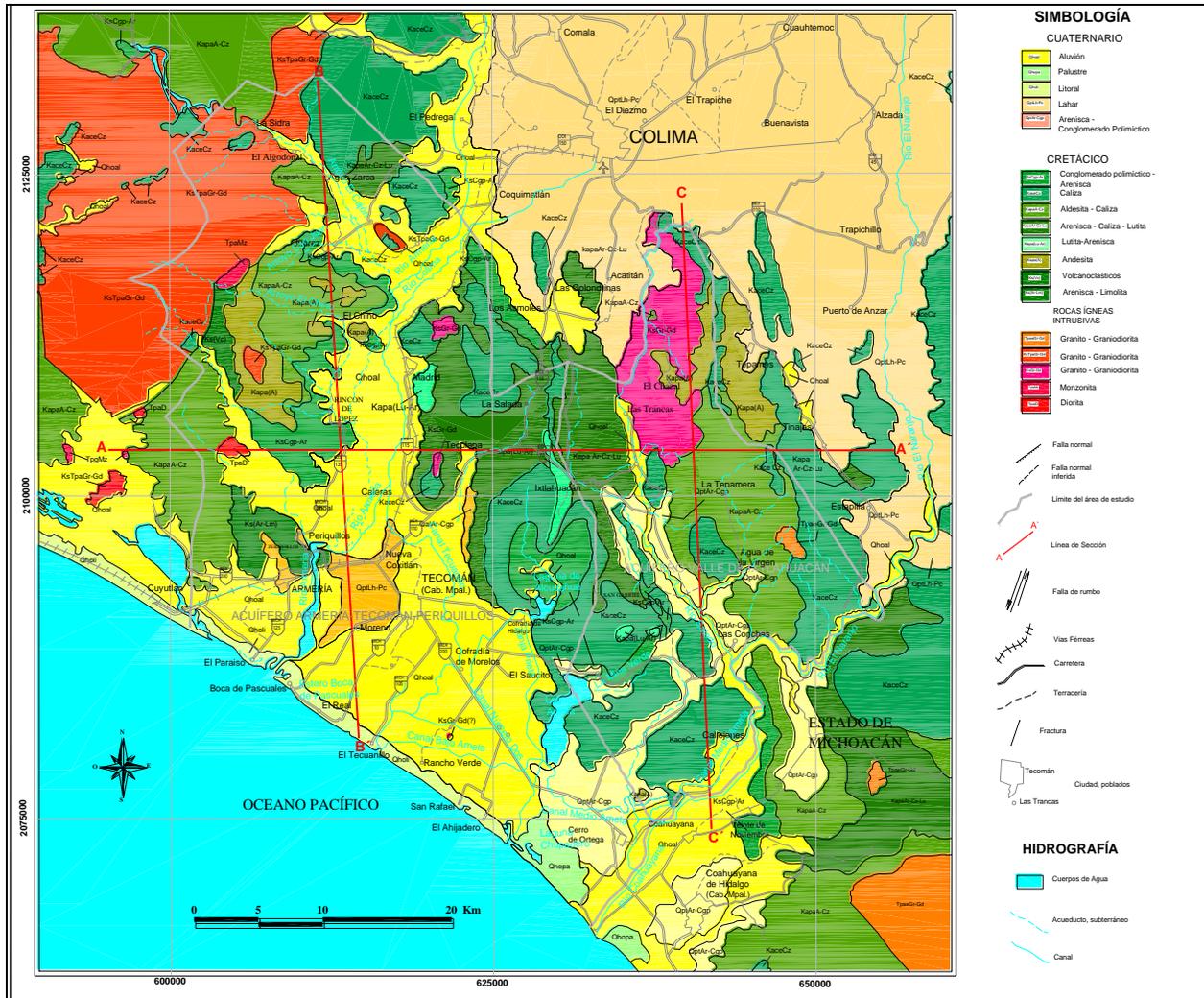


Figura No 2. Mapa geológico (Fuente: SGM, 2005)

4.2 Geología estructural

La región donde se encuentra el área de estudio es una de las más complejas del país, desde el punto de vista geológico, pues en ella se sobreponen varios eventos geológicos aún no suficientemente estudiados. La región debe sus rasgos estructurales a su relación con las placas de Cocos y Rivera y su cercanía con los límites entre diferentes bloques estructurales.

Se reconocen en la región por lo menos dos eventos tectónicos compresivos, uno durante el Jurásico Superior, a la que se le suma otro en el período Cretácico Superior-Paleógeno, conocido como Orogenia Laramide. Estos eventos deformacionales se presentaron en estrecha relación con el emplazamiento de cuerpos intrusivos de dimensiones batolíticas.

En el área de Tecomán-Ixtlahuacán, afloran rocas de edad cretácica que fueron afectadas por la Revolución Laramídica, dando origen a fallas, pliegues y cabalgaduras, aunque estas últimas no se observan en el área de estudio. Los pliegues son notorios preferentemente en unidades sedimentarias como las formaciones Madrid, Morena y Cerro de la Vieja, no así en rocas volcánicas como las andesitas de la Formación Tepalcatepec. Los pliegues y fallamientos regionales son de orientación general noroeste-sureste, también con fallas de rumbo nor-noreste y sur-suroeste, aunque en el área de estudio las mayores estructuras (pliegues y fallas) muestran un rumbo general norte-sur.

Al centro del área de estudio y al norte de la Laguna Alcuahue se observan estructuras sinclinales y anticlinales erosionadas, que forman sierras en herradura, con una longitud aproximada de 9 y 7 Km. Los pliegues afectan a rocas de las formaciones Madrid, Morena y Cerro de La Vieja, con una orientación general norte-sur, y algunas inflexiones cercanas a la dirección noroeste-sureste. La mayor estructura mencionada está enmarcada por los cerros Tecomán, San Miguel, El Águila y Alcuahue.

Posterior al evento laramídico se reconoce una tercera fase de deformación de carácter distensivo, que se manifiesta hacia el Neógeno y Cuaternario, que ocasionó el desarrollo de fallas normales, fosas tectónicas y vulcanismo asociado. De este período, destacan en el área de estudio la presencia de grandes fallas normales de orientación general norte-sur que delimitan una amplia fosa tectónica. Grandes fallas se reconocen a lo largo de cerca de 40 Km en la zona poniente del área, controlando en gran medida el curso del río Armería. Los lineamientos son claramente visibles en las imágenes satelitales desde los costados este y oeste del volcán de Colima y extendiéndose en dirección sur hasta la costa. La presencia de una de estas fallas se infiere en algunas zonas por debajo del relleno granular de la parte central de valle del río Armería. Se reconocen otras fallas asociadas de menores dimensiones, que intersectan a las estructuras más antiguas.

En la porción centro-este del área de estudio y al sureste de Ixtlahuacán se observa un lineamiento de orientación noroeste-sureste, de 17 km de longitud; paralelo a este lineamiento en la porción noreste se observa una segunda estructura con la misma orientación, y con longitud aproximada de 10 km.

En la porción oeste del área de estudio se observan tres estructuras por fallamiento normal que afectan rocas intrusivas: dos de ellas presentan dirección noreste-suroeste, con aproximadamente 12 Km de longitud cada una; mientras que la tercer estructura tiene una dirección noroeste-sureste, y en su porción intermedia flexiona con dirección norte-sur, con 11 km de longitud.

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1 Tipo de Acuífero

El acuífero es de tipo libre y está constituido principalmente por material de relleno constituido por arenas, gravas, limos y arcillas, no consolidado o pobremente consolidado con permeabilidad alta, cuyo espesor fluctúa entre 70 y 270 m, con un valor promedio de 100 m. De este material se extrae el 100 % del agua subterránea que es actualmente aprovechada en el acuífero. También se presentan zonas de permeabilidad media-alta en las rocas calizas debido al fracturamiento y karsticidad que presentan, estas unidades forman importantes zonas de recarga en las partes altas y unidades hidrogeológicas con potencial medio en las porciones bajas. Las rocas graníticas son de permeabilidad baja. El basamento está conformado por las rocas volcanosedimentarias, tobas líticas, andesitas, dacitas, conglomerados, lutitas y calizas arcillosas, así como las rocas intrusivas no alteradas.

La recarga proviene de la infiltración debida a la precipitación y de las entradas laterales provenientes de la porción norte. La dirección de flujo subterráneo es paralela a los cauces principales.

5.2 Parámetros Hidráulicos

Las características hidráulicas de los acuíferos aluviales dependen de su granulometría y espesor. De acuerdo con las pruebas de bombeo realizadas e interpretadas por el Servicio Geológico Mexicano en el año 2005 en los acuíferos Valle de Ixtlahuacán y Armería-Tecomán-Periquillos, la transmisividad varía de 1.7×10^{-4} m²/s a 2.89×10^{-2} m²/s. La única prueba de bombeo dentro del acuífero Valle de Ixtlahuacán fue la del pozo SG965, en la que se obtuvo una transmisividad de 1.7×10^{-4} m²/s.

Ninguna prueba de bombeo contó con pozo de observación, por lo que no fue posible obtener una estimación de coeficiente de almacenamiento.

Tabla 3. Resultados de las pruebas de bombeo en los acuíferos Armería-Tecomán-Periquillos y Valle de Ixtlahuacán

Valores de Transmisividad encontrados en la zona									
Pozo	Nivel estático (m)	Nivel dinámico máximo (m)	Abatimiento (m)	Caudal específico (lps/m de abat)	Caudal máximo (lps)	Abatimiento		Recuperación	
						T (m ² /día)	T (m ² /seg)	T (m ² /día)	T (m ² /seg)
SG-821	18.26	18.59	0.33	23.63	7.80	2.50×10^{-2}	2.89×10^{-2}		
SG-464	12.73	16.22	3.49	16.04	56.00	7.17×10^{-2}	8.30×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.46×10^{-3}
SG-403	2.39	7.72	5.33	2.43	13.00	1.86×10^{-3}	1.61×10^{-2}		
SG-558	3.3	32.64	29.34	1.63	48.00	1.79×10^{-2}	2.07×10^{-3}		
SG-819	9.84	14.41	4.57	8.75	40.00	7.70×10^{-2}	8.91×10^{-3}	7.57×10^{-2}	8.76×10^{-3}
SG-965	16.76	69.64	52.88	0.37	19.60	1.47×10^{-1}	1.70×10^{-4}	1.04×10^{-1}	1.21×10^{-4}
SG-019	10.80	18.57	7.77	5.92	46.00	9.37×10^{-2}	1.08×10^{-2}	1.01×10^{-3}	1.17×10^{-2}
SG-079	4.80	6.75	1.95	27.69	54.00	1.61×10^{-3}	1.86×10^{-2}	1.39×10^{-3}	1.61×10^{-2}
SG-366	3.17	9.72	4.05	16.79	68.00	1.03×10^{-3}	1.19×10^{-2}	8.98×10^{-2}	1.04×10^{-2}
SG-496	9.61	13.48	3.87	9.30	36.00	1.17×10^{-3}	1.36×10^{-2}	1.26×10^{-3}	1.46×10^{-2}
SG-497 P.O.	9.18	10.33	1.18	30.5	36	1.54×10^{-3}	1.59×10^{-2}	2.29×10^{-3}	2.65×10^{-2}
SG-304	3.78	11.77	3.99	30.07	120	1.93×10^{-3}	2.24×10^{-2}	1.84×10^{-3}	2.13×10^{-2}
SG-242	9.52	13.58	4.06	16.009	65	2.00×10^{-3}	2.32×10^{-2}	1.94×10^{-3}	2.24×10^{-2}
SG-438	15.8	20.56	4.76	7.56	36.00	2.25×10^{-4}	2.60×10^{-3}	3.94×10^{-2}	4.57×10^{-3}

5.3 Piezometría

Las configuraciones piezométricas proporcionan valiosa información acerca de la circulación del agua en el subsuelo. El agua ingresa al acuífero en las áreas de recarga - flancos montañosos, abanicos aluviales y cauces de corrientes alimentadoras, localizadas en las partes altas de valles y planicies-, y transita hacia las áreas de descarga bajo el control de la geología subterránea.

En el año 2006 el Servicio Geológico Mexicano realizó piezometría en los acuíferos Valle de Ixtlahuacán y Armería-Tecomán-Periquillos. Sin embargo en el acuífero Valle de Ixtlahuacán, sólo se realizaron mediciones piezométricas en 8 aprovechamientos, mientras que en el acuífero Armería-Tecomán-Periquillos se midió en 106 aprovechamientos. Por ese motivo no pudieron obtenerse configuraciones de profundidad y elevación del nivel estático en todo el acuífero Valle de Ixtlahuacán, sino únicamente en la porción sur del acuífero. Sin embargo para el año 2003 se tienen configuraciones que abarcan una mayor extensión del acuífero Valle de Ixtlahuacán.

5.4 Comportamiento hidráulico

5.4.1 Profundidad al nivel estático

En la porción sur del acuífero Valle de Ixtlahuacán, donde se cuenta con información piezométrica para el año 2006, la profundidad al nivel estático varía de 70 a 20 m, como se aprecia en la figura No. 4. En general la profundidad disminuye hacia la planicie costera localizada en el acuífero Armería-Tecomán-Periquillos.

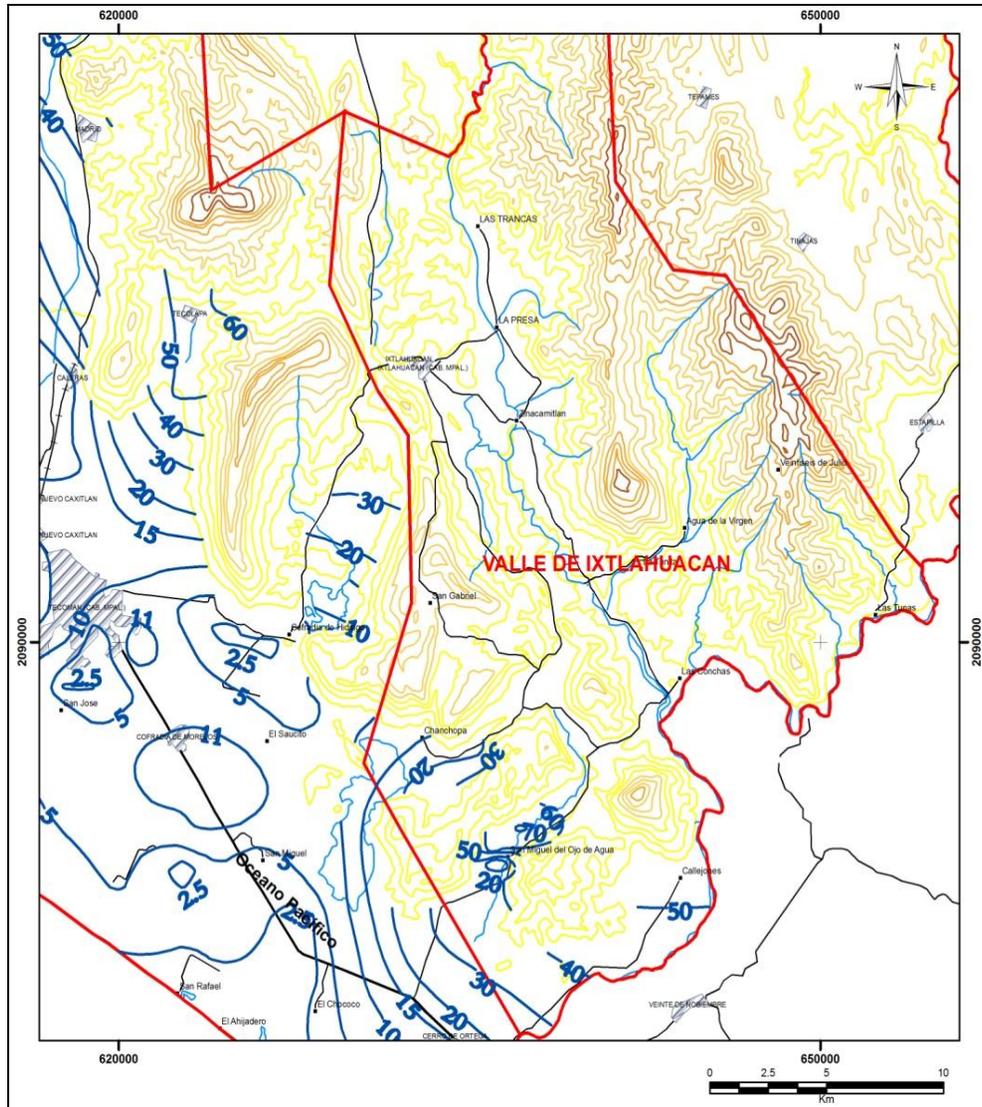


Figura 4. Profundidad al nivel estático en el año 2006 (m)

5.4.2 Elevación del nivel estático

En el acuífero Valle de Ixtlahuacán, las equipotenciales son perpendiculares a las elevaciones topográficas, lo que sugiere escaso aporte subterráneo de agua desde los macizos rocosos, pero en realidad se debe al efecto del estrecho cauce del Río Salado. Para el año 2003 la elevación del nivel estático variaba de 140 msnm, en la porción norte, hasta 20 msnm en la porción sur; se observan dos pequeños conos de abatimiento, el primero a 1 km al noreste del poblado San Miguel del Ojo de Agua y otro a 6 km al sureste de la Ciudad de Ixtlahuacán (Figura No. 5).

Para el 2006, las configuraciones son aisladas ya que solo ocho aprovechamientos fueron sondeados, lo que dificulta elaborar una red de flujo confiable. En los pozos medidos se observa una elevación del nivel estático que varía de 100 msnm, en la parte media del acuífero, a 20 msnm en la porción sur (Figura No. 6). La dirección preferencial del flujo subterráneo es paralela al curso del Río Salado, hacia el Río Coahuayana.

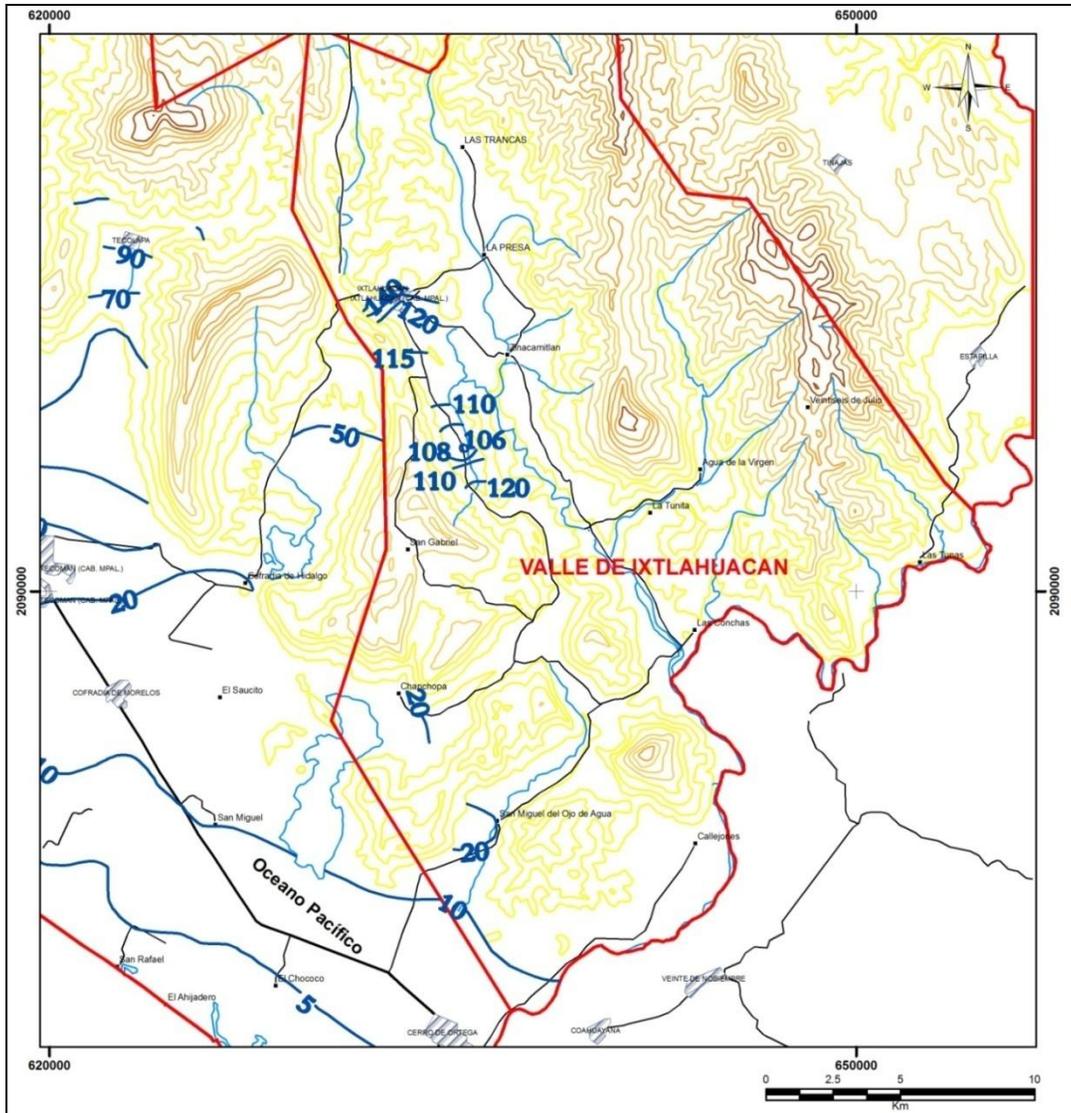


Figura No. 5. Elevación al nivel estático en el acuífero Valle de Ixtlahuacán 2003 (msnm)

Es importante mencionar que las escasas mediciones piezométricas recabadas en estudios previos se encuentran dispersas en tiempo y espacio, no cubren en su totalidad la extensión del acuífero y su correlación es poco confiable. Aunado a esto, la configuración de la elevación del nivel estático no muestra aún alteraciones del flujo natural del agua subterránea que indiquen la presencia de conos de abatimiento causados por la concentración de pozos. Por estas razones, se puede afirmar que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes en el transcurso del tiempo, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo.

5.5 Hidrogeoquímica y Calidad del Agua Subterránea

La concentración de sólidos totales disueltos en el agua subterránea es baja en la mayor parte del Estado de Colima; en general, la concentración de sales es menor que 500 partes por millón (ppm) de sólidos totales disueltos (STD), en todos los acuíferos. Ello se debe a la combinación de varios factores: la corta permanencia del agua en el subsuelo, derivada de su rápida circulación a través de acuíferos bastante permeables y de dimensiones relativamente reducidas; la gran resistencia al ataque químico del agua, de las rocas acuíferas predominantes ígneas fracturadas y clásticos gruesos derivados de su erosión y la abundante precipitación pluvial.

Calcio, Sodio y bicarbonato son los iones disueltos predominantes en esas aguas, procediendo los dos primeros de la disolución de los feldspatos cálcicos y sódicos constituyentes de las rocas ígneas. Durante el año 2006 el Servicio Geológico Mexicano muestreó 3 pozos dentro del acuífero Valle de Ixtlahuacán y encontró que en ellos las concentraciones de sólidos totales disueltos varían de 363 a 596 mg/l, son aguas bicarbonatadas cálcicas y no se identifica ningún metal o ión fuera de norma.

6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS E HIDROMETRÍA

En el acuífero Valle de Ixtlahuacán durante el año 2006, la Comisión Nacional del Agua a través de la Dirección Local en Colima censó 78 aprovechamientos de agua subterránea, de los cuales 50 son pozos y 28 norias. Para uso agrícola se destinan 39 aprovechamientos, 21 para agua potable y 18 para uso doméstico y pecuario, desglosados como se muestra en la tabla No. 4, el resto de los aprovechamientos están inactivos.

Tabla No. 4. Censo de aprovechamientos del acuífero Valle de Ixtlahuacán (2006)

Uso	Aprovechamientos		
	Pozos	Norias	Total
Agrícola	29	10	39
Público urbano	18	3	21
Pecuario	9	3	12
Doméstico	6	0	6
	62	16	78

De acuerdo con la hidrometría del año 2006, del acuífero Valle de Ixtlahuacán se extraen 2.0 millones de hectómetros cúbicos anuales ($\text{hm}^3/\text{año}$) de agua subterránea para los distintos usos, de los cuales 1.3 se destinan al uso agrícola y los 0.7 $\text{hm}^3/\text{año}$ restantes al uso público-urbano (Tabla No. 5).

Tabla No. 5. Volúmenes de extracción de agua subterránea en el acuífero Valle de Ixtlahuacán (millones de metros cúbicos anuales)

Uso	Volumen de extracción (hm ³ /año)
Agrícola	1.3
Público-urbano	0.7
Doméstico-abrevadero	0.0
Industrial	0.0
Total	2.0

7. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La ecuación de balance considera que las entradas al sistema son iguales a las salidas más/menos el cambio de almacenamiento del acuífero.

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \text{Cambio de Almacenamiento}$$

Debido a que la información piezométrica se restringe a una zona muy pequeña del acuífero, es imposible calcular las componentes del balance de agua subterránea para todo el acuífero a través de un balance hidrogeológico tradicional, en el que se estiman las entradas y salidas al acuífero, así como el cambio de almacenamiento a partir de las configuraciones de elevación y evolución del nivel estático, respectivamente. Por lo anterior fue necesario recurrir al cálculo del balance hidrometeorológico para estimar la recarga al acuífero.

A través del balance hidrometeorológico, se puede estimar la infiltración, al conocer los volúmenes de precipitación, evapotranspiración y escurrimiento de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$\text{Infiltración} = \text{Precipitación} - \text{Evapotranspiración} - \text{Escurrimento}$$

El volumen precipitado en el acuífero se calculó a partir de la información climatológica de la zona, analizada y presentada en el apartado correspondiente, donde se obtuvo una lámina de precipitación media anual de 848.9 mm, multiplicada por el área del acuífero, igual a 589 km². El volumen precipitado es igual a 500.0 hm³/año.

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

$$\text{ETR} = P - c P^2$$

Donde:

ETR= Evapotranspiración real (m/año)

P = Precipitación (m/año)

c = $1/(0.8+0.14T)$

T = Temperatura (en °C)

La lámina de evapotranspiración calculada es igual a 687 mm, que aplicada al área del acuífero corresponde un volumen evapotranspirado igual a 404.6 hm³/año.

Para calcular el volumen de escurrimiento no se disponen de aforos específicos que permitan cuantificar dicho volumen, por lo que se determinó el escurrimiento debido a la lluvia utilizando el método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, publicada en el Diario Oficial de la Federación, de fecha 17 de abril de 2002, que señala que en caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información para determinar el volumen anual de escurrimiento natural, se puede aplicar el método indirecto denominado precipitación-escurrimiento.

El volumen anual medio de escurrimiento natural es igual a la precipitación media anual por el área y por un coeficiente de escurrimiento. El coeficiente de escurrimiento (Ce) se puede determinar, según la norma antes citada, en función del parámetro K que está en función del tipo y uso de suelo. En lugar de asignar un valor de K único para todo el acuífero, con la finalidad de obtener un valor de K más representativo de la realidad, se dividió el acuífero en distintos tipos de suelo de acuerdo con los materiales geológicos, y se obtuvieron las áreas para poder obtener un promedio ponderado (Tabla No. 7).

Tabla No. 7. Áreas de afloramientos de los distintos materiales geológicos

Material geológico	Área (km²)	Porcentaje	Permeabilidad	Uso de suelo
Caliza	188.0	31.65	Media	Selva caducifolia
Andesita	9.1	1.53	Muy baja	Selva caducifolia
Lutita-Arenisca	3.2	0.54	Muy baja	Selva caducifolia
Andesita-Caliza-Lutita	172.1	28.97	Muy baja	Selva caducifolia
Granito-Granodiorita	74.2	12.49	Muy baja	Selva caducifolia
Arenisca-Conglomerado	103.8	17.47	Media	Agrícola
Aluvión	43.6	7.34	Alta	Agrícola

Se consideró que el 31.7 % del área corresponde a material de permeabilidad media en el que de acuerdo con el uso del suelo de selva caducifolia con cobertura del 25 al 50 % se asignó un coeficiente de 0.26; en un 43.5 % de la zona con un material de baja permeabilidad con la misma cobertura se asignó un coeficiente de 0.28; en el 17.5 % se consideró una permeabilidad media y uso agrícola, por lo que se asignó un coeficiente de 0.27 y en el 7.3 % restante del área se consideró permeabilidad alta, con uso agrícola por lo que se consideró un valor de K de 0.24. Como resultado de lo anterior, se obtuvo como promedio ponderado un valor de K igual a 0.269, mismo que se aplicó en la siguiente ecuación para obtener el coeficiente de escurrimiento:

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

Donde:

P= precipitación media anual en mm

Se obtiene un coeficiente de escurrimiento de Ce= 0.1599

El volumen de escurrimiento resultó de 80.0 hm³/año al multiplicar el coeficiente de escurrimiento por el volumen precipitado en el área de estudio.

Una vez calculados los volúmenes de precipitación, evapotranspiración y escurrimiento se procede a estimar la infiltración:

$$\text{Infiltración} = 500.0 - 404.6 - 80.0 = 15.4 \text{ (hm}^3\text{/año)}$$

Al dividir este volumen anual promedio infiltrado, entre el volumen anual promedio precipitado, se obtiene el coeficiente de infiltración de 0.031. En la tabla No. 8 se presenta el resumen del balance hidrometeorológico.

Tabla No. 8. Balance hidrometeorológico

Componente	hm ³ /año	Porcentaje
Volumen llovido	500.0	100.0 %
Volumen evapotranspirado	404.6	80.9 %
Volumen de escurrimiento superficial	80.0	16.0 %
Volumen Infiltrado	15.4	3.1 %

De acuerdo con los resultados del balance hidrometeorológico se estima que la recarga es igual a **15.4 hm³/año**.

En cuanto se disponga de mayor información hidrogeológica que permita entender, conceptualizar y cuantificar el balance de agua subterránea en términos de una evaluación hidrogeológica se modificará el valor de la recarga.

8. DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Para el cálculo de la disponibilidad del agua 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 relativa a las aguas subterráneas establece la expresión siguiente:

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

Disponibilidad Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de agosto de 2007

Recarga total media anual

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, que para el acuífero Valle de Ixtlahuacán es de **3.0 (hm³/año)**.

Descarga natural comprometida

La descarga natural comprometida se cuantifica mediante la medición de los volúmenes de agua procedentes 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 ser sostenidas para no afectar a los acuíferos adyacentes.

Para el acuífero Valle de Ixtlahuacán se considera una descarga natural comprometida nula.

Rendimiento permanente

El rendimiento permanente es la recarga total media anual menos la descarga natural comprometida, por lo que para el caso del acuífero Valle de Ixtlahuacán es **3.0 hm³ anuales**.

Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

En el acuífero Valle de Ixtlahuacán el volumen anual concesionado, 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 31 de mayo del 2005 es de 4,622,495 m³/año.

Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la NOM-011-CNA2000, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA:

$$-1,622,495 = 3,000,000 - 0 - 4,622,495$$

El resultado de la aplicación de la norma indica que existe actualmente un déficit de **-1'622,495 m³ anuales**, por lo que no existen volúmenes disponibles para otorgar nuevas concesiones.

Actualización Técnica y Administrativa de la Disponibilidad al 31 de diciembre de 2007

8.1 Recarga total media anual

La recarga total media anual, corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, que para el acuífero Valle de Ixtlahuacán es de **15.4 (hm³/año)**.

8.2 Descarga natural comprometida

La descarga natural comprometida se cuantifica mediante la medición de los volúmenes de agua procedentes 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 ser sostenidas para no afectar a los acuíferos adyacentes.

En el estudio del acuífero Armería-Tecomán-Periquillos efectuado por el Servicio Geológico Mexicano en el 2006, se calcula una salida subterránea del acuífero Valle de Ixtlahuacán hacia el acuífero Armería Tecomán Periquillos de **1.8 hm³/año**, por lo que este volumen se considera como descarga natural comprometida.

8.3 Rendimiento permanente

El rendimiento permanente es la recarga total media anual menos la descarga natural comprometida, por lo que para el caso del acuífero Valle de Ixtlahuacán es **13.6** hm³ anuales.

8.4 Volumen anual de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

En el acuífero Valle de Ixtlahuacán el volumen anual concesionado, 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 31 de diciembre del 2007 es de 4,622,495 m³/año.

8.5 Disponibilidad de aguas subterráneas

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la NOM-011-CNA2000, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA:

$$8,977,505 = 15,400,000 - 1,800,000 - 4,622,495$$

La cifra indica que existe volumen disponible de **8,977,505 m³** anuales para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Valle de Ixtlahuacán en el Estado de Colima.

Cabe hacer la aclaración de que el cálculo de la recarga media anual que recibe el acuífero, y por lo tanto de la disponibilidad, se evaluó en esta ocasión mediante un balance hidrometeorológico dado que no existe información piezométrica histórica confiable para plantear un balance “tradicional”. No se descarta la posibilidad de que el valor sea mayor. Conforme se genere mayor y mejor información, especialmente la que se refiere a la piezometría, se podrá hacer una evaluación posterior.

9. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas, 1990. Sinopsis Geohidrológica del Estado de Colima.
- Comisión Nacional del Agua, Dirección Local en Colima, 2006. Censo e hidrometría de aprovechamientos.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1974 Estudio Geohidrológico Preliminar en los Valles de Tecomán y Manzanillo, Col; HIDROTEC, S.A. 1974.
- Servicio Geológico Mexicano, 2006. Estudio de Actualización Hidrogeológica de los Acuíferos “Armería-Tecomán-Periquillos” y “Valle de Ixtlahuacán”, Estado de Colima.