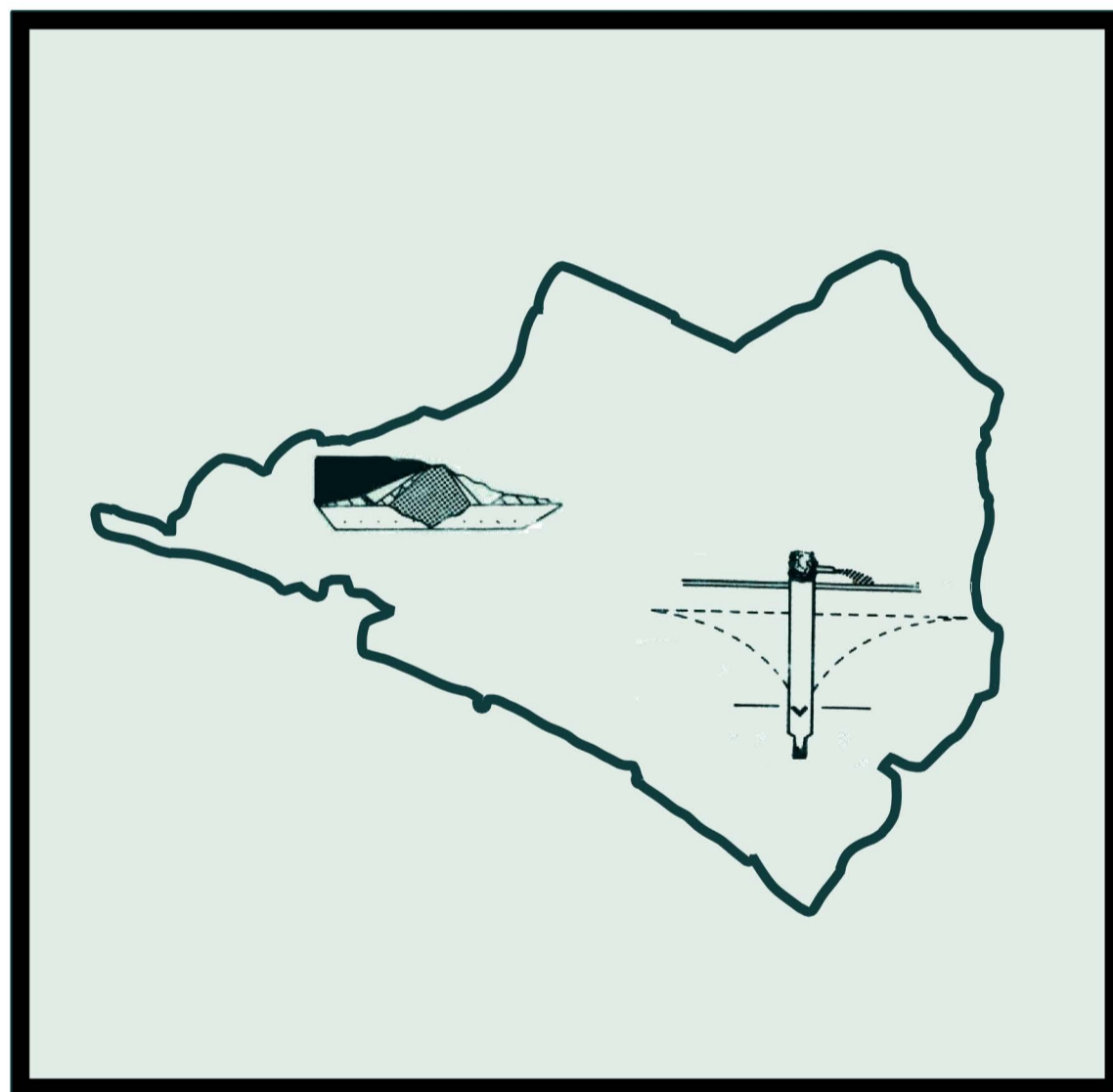


# ESTUDIO HIDROLOGICO DEL ESTADO DE COLIMA

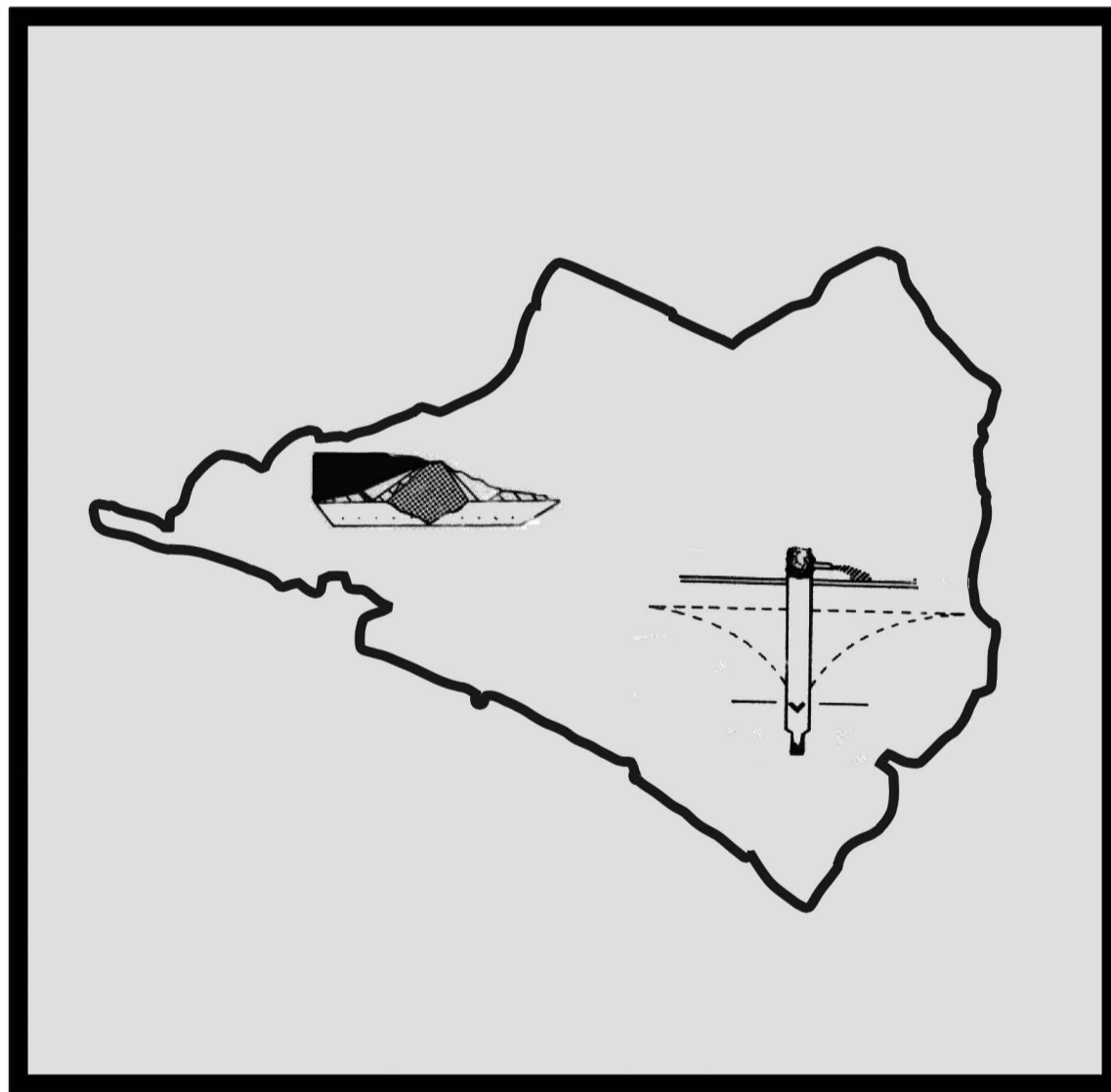


INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA  
GEOGRAFIA E INFORMATICA



GOBIERNO DEL ESTADO DE  
COLIMA

# ESTUDIO HIDROLOGICO DEL ESTADO DE COLIMA



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA  
GEOGRAFIA E INFORMATICA



GOBIERNO DEL ESTADO DE  
COLIMA

DR © 1995, **Instituto Nacional de Estadística,  
Geografía e Informática**  
Edificio Sede  
Av. Héroe de Nacozari Núm. 2301 Sur  
Fracc. Jardines del Parque, CP 20270  
Aguascalientes, Ags.

### **Estudio Hidrológico del Estado de Colima**

Impreso en México  
ISBN 970-13-0478-0

Esta publicación consta de 1 375 ejemplares y se terminó de imprimir en el mes de febrero de 1995 en los talleres gráficos del **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática**  
Av. Héroe de Nacozari Núm. 2301 Sur, Acceso 11, P.B.  
Fracc. Jardines del Parque, CP 20270  
Aguascalientes, Ags.  
**México**

## Presentación

---

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), presenta la publicación del **Estudio Hidrológico del Estado de Colima**. Documento que forma parte de una serie de estudios hidrológicos por entidades federativas estatales.

Esta publicación y la serie de estudios en su conjunto ofrece información sobre los factores más importantes del Ciclo Hidrológico, información que permite descender a un detalle particular y adecuado para poder planear estrategias en la optimización del recurso agua, complementándolo con una serie de tablas, gráficas y planos.

Estos estudios integran y difunden el conocimiento de las aguas superficiales y subterráneas en el país debido a la necesidad de obtener este vital elemento con una mayor disponibilidad y una mejor calidad, tanto para el consumo doméstico como para el uso industrial y agrícola.

De esta forma el **INEGI** resume, por entidades federativas, estatales, el cúmulo de información hidrológica que por 20 años ha elaborado; contando con tres versiones del panorama hidrológico nacional: la cartografía en escala 1: 1 000 000, la cartografía en escala 1: 250 000 y esta serie de Estudios Hidrológicos Estatales.

Esta publicación integra también información de diversas instituciones de gobierno por lo que se manifiesta un reconocimiento a ellas.

## **Instituciones que Proporcionaron Información**

---

Hacemos patente nuestro agradecimiento a las instituciones que nos apoyaron proporcionándonos su valiosa información, para el desarrollo de este estudio; especialmente a la Gerencia Estatal en Colima de la Comisión Nacional del Agua y a sus diferentes Subdirecciones, sin las cuales hubiera sido prácticamente imposible llevar a cabo este trabajo.

Así mismo agradecemos el apoyo recibido de parte de la Delegación Estatal en Colima de la Secretaría de Desarrollo Social.

## Contenido

---

Introducción	XI
1 Generalidades	1
1.1 Localización, Límite y extensión	1
1.2 Panorama demográfico	1
1.3 Las comunicaciones	1
2 Marco Físico General	3
2.1 Unidades de relieve	3
2.2 Tipos de suelos: Características generales y grado de permeabilidad	3
2.3 Características biogeográficas: uso del suelo y vegetación	4
3 Clima	7
3.1 Distribución y variación	7
3.2 Temperatura, precipitación y evapotranspiración	7
3.3 Consecuencias hidrológicas del régimen climático	7
4 Geología	9
4.1 Geomorfología	9
4.2 Estratigrafía	9
4.3 Geología Histórica	12
4.4 Geología Estructural	13
5 Hidrología Superficial	15
5.1 Análisis de las condiciones hidrológicas	15
5.2 Generalidades de la región hidrológica 15, Costa de Jalisco	15
5.3 Generalidades de la región hidrológica 16, Armeria-Coahuayana	18
5.4 El escurrimiento en el estado de Colima	22
5.5 El uso del agua superficial en el estado	24
5.6 Conclusiones y recomendaciones	24
6 Hidrología Subterránea	27
6.1 Panorama general del agua subterránea en el estado de Colima	27

6.2	Análisis de las características del agua subterránea en cada valle	29
6.3	Conclusiones geohidrológicas y recomendaciones derivadas del impacto de la explotación por valle	35
7	Conclusiones y Recomendaciones hidrológicas generales para el estado de Colima	39
7.1	Conclusiones	39
7.2	Recomendaciones	40
	Fuentes Cartográficas y Estadísticas	41
	Bibliografía	43

## Indice de Tablas, Figuras y Anexos

---

<b>Tablas</b>	<b>45</b>
I Principales localidades por número de habitantes y por rango según el porcentaje de población municipal que concentran	47
II Incremento de población en el período 1980-1990 y porcentaje de participación en el total del estado	47
III Densidad de población por municipio	47
IV División hidrológica	48
V Datos generales de las estaciones hidrométricas en el estado de Colima	48
VI Unidades de escurrimiento	49
VII Volumen escurrido	49
VIII Uso del agua superficial en el estado de Colima	50
IX Datos de los principales manantiales en el estado	50
X Resumen de datos y condiciones geohidrológicas de los acuíferos del estado de Colima	50
<b>Figuras</b>	<b>51</b>
1.1 Localización geográfica	53
1.2 División político-administrativa	54
1.3 Principales entidades y porcentajes de población por municipio y localidad	55
1.4 Vías de comunicación	56
2.0 Grandes unidades de relieve	57
2.1 Edafología	58
2.2 Grado de permeabilidad de los suelos	59
2.3 Uso del suelo y vegetación	60
2.3.1 Distribución y variación altitudinal de la vegetación	61



3.1	Distribución de estaciones climáticas	62
3.2	Distribución y variación espacial de climas	63
	3.2.1 Temperatura	64
	3.2.2 Precipitación	65
	3.2.3 Relación temperatura-precipitación	66
	3.2.4 Evapotranspiración real	67
3.3	Déficit de agua	68
4.1	Geología	69
	4.1.1 Anexo	70
	4.2.1 Sección geológica 1	71
	4.2.2 Sección geológica 2	72
5.1	Localización hidrológica regional	73
5.2	Hidrología y división hidrológica	74
5.3	Hidrometría	75
5.4	Obras y aprovechamientos hidráulicos	76
5.5	Región hidrológica 15, cuenca Río Chacala-Purificación, porción territorial en Colima (hidrometría)	77
5.6	Balance hidrológico superficial de la cuenca Chacala-Purificación del radio de influencia en el estado	78
5.7	Región hidrológica 16, cuenca Río Coahuayana, porción territorial en Colima (hidrometría)	79
5.8	Balance hidrológico superficial de la cuenca Río Coahuayana y de la porción correspondiente al estado de Colima	80
5.9	Región hidrológica 16, cuenca Río Armería, porción territorial en Colima (hidrometría)	81
5.10	Balance hidrológico superficial de la cuenca Río Armería y de la porción correspondiente al estado de Colima	82
5.11	Unidades de escurrimiento	83

6.0	Distribución esquemática, por valles, de la densidad aproximada de pozos y norias	84
6.1	Gastos por valle	85
6.2.1	Elevación del nivel estático del agua subterránea del valle de Armería-Tecomán-Periquillos	87
6.2.2	Elevación del nivel estático del agua subterránea del valle de Colima	88
6.2.3	Elevación del nivel estático del agua subterránea de los valles costeros	89
6.3.1	Profundidad del nivel estático del agua subterránea del valle de Armería-Tecomán-Periquillos	90
6.3.2	Profundidad del nivel estático del agua subterránea del valle de Colima	91
6.3.3	Profundidad del nivel estático del agua subterránea de los valles costeros	92
6.4.1	Evolución del nivel estático del agua subterránea del valle Armería-Tecomán-Periquillos	93
6.4.2	Evolución del nivel estático del agua subterránea del valle de Colima	94
6.4.3	Evolución del nivel estático del agua subterránea de los valles costeros	95
6.5	Temperatura del agua subterránea	97
6.6	Distribuciones de los manantiales	98
6.7.1	Sólidos totales disueltos en el agua subterránea de Colima	99
6.7.2	Sólidos disueltos en el agua subterránea de los valles costeros (incluyendo el valle Armería-Tecomán-Periquillos)	100
6.8.1	Pozos seleccionados del Valle de Armería- Tecomán-Periquillos	101
6.8.2	Pozos seleccionados en el Valle de Colima	102
6.8.3	Pozos seleccionados en el Valle de el Colomo	103
6.8.4	Pozos seleccionados en el Valle de Santiago- Salahua	104
6.9	Balances geohidrológicos por Valle	105

<b>Anexos</b>	<b>107</b>
I Especies más comunes de la biocenosis en el estado de Colima	109
II Estaciones climáticas en el estado de Colima promedio de temperatura total anual de precipitación año 1981	110
III Estaciones climáticas en el estado de Colima promedio de temperatura total anual de precipitación año 1981	110

## Introducción

---

La extensión y diversidad geográfica del territorio nacional dan como resultado una distribución restrictiva e irregular del agua; restrictiva porque aproximadamente la mitad del norte del país experimenta un déficit constante de precipitaciones, mientras en el sur y sureste, éstas son abundantes. Irregular porque los niveles de concentración demográfica y de los distintos sectores de actividad económica no se corresponden, por lo general, con las áreas favorecidas con una mayor disponibilidad o facilidad en el aprovechamiento de este recurso.

Un bien indispensable pero escaso y desigual repartido, ha propiciado en México una constante y creciente explotación hidráulica, muchas veces en forma incontrolada e incluso perjudicial para la recuperación del equilibrio en el ciclo natural del agua.

La importancia extrema de esta problemática ha motivado la consideración del agua, entre otras, dentro de todo plan de desarrollo, en un apartado específico que responde a la política sectorial tendiente al óptimo aprovechamiento de este recurso.

Ello requiere, sin duda, un conocimiento real y estricto del panorama y las condiciones de la mayor parte de los factores que intervienen en el comportamiento del agua y su renovación, así como la perspectiva espacial de todo ello a distintas escalas, de acuerdo con los requerimientos del planeamiento. Por esta razón, si bien es cierto que un estudio hidrológico no debiera circunscribirse a unidades espaciales con límite político-administrativo, porque la naturaleza marca los suyos propios, también es verdad que las necesidades del hombre para la buena gestión de los recursos que el medio ofrece, exigen establecer fronteras que permitan el estudio, conocimiento y toma de decisiones sobre un espacio determinado.

A ello responde, precisamente, la serie de ESTUDIOS HIDROLOGICOS ESTATALES, con la intención de ofrecer, a cualquier lector interesado en la problemática nacional del agua y sus variaciones, un acervo de información, sintetizada e integrada, sobre los elementos más importantes del ciclo y dinámica hidrológica, tanto físicos como humanos, en nuestro país.

Un trabajo de esta naturaleza comporta la recopilación, análisis y síntesis de muy variada información que permite contemplar con rigor la situación de un espacio determinado -el estado- respecto al comportamiento superficial y subterráneo del agua, para culminar en una serie de observaciones y recomendaciones, derivadas de las

consecuencias hidrológicas de las particulares características de cada unidad de estudio, a fin de optimizar, buscar la mejor manera de ejecutar las actividades de aprovechamiento del agua en cada Estado de la Federación.

El **INEGI**, a través de la Dirección General y de sus Direcciones Regionales, da respuesta, de este modo, a las crecientes necesidades de investigación práctica y producción cartográfica para el mejor conocimiento de los problemas que de forma directa afectan al desarrollo equilibrado de nuestro país.

Se concreta, así mismo, en unidades político-administrativas el cúmulo de información hidrológica que a lo largo de casi veinte años ha venido elaborando esta Institución y que cubrirá ya los tres niveles básicos para el estudio, conocimiento y mejor administración del agua, así como para la concientización real respecto a su problemática: La cartografía 1:250 000 que permite descender al detalle que escapa a la escala 1: 1 000 000, cuyo objetivo es la visión globalizante, se complementa ahora con el ESTUDIO HIDROLOGICO ESTATAL que hace posible la caracterización y consiguiente tipificación de cada espacio objeto de actuación estratégica, al tiempo que permite ofrecer al ciudadano una guía sintética y accesible respecto a las peculiaridades de cada Estado, dentro del marco de una gran profusión gráfica, como corresponde a una publicación de esta naturaleza.

# Capítulo 1. Generalidades

## 1.1 LOCALIZACION, LIMITES Y EXTENSION

El estado de Colima se localiza en la porción suroeste de la República Mexicana, cuyo territorio está comprendido en las coordenadas extremas 103°29'10" - 104°41'04" de longitud oeste y 18°41'01" - 19°30'45" de la latitud norte (fig. 1.1).

Colima colinda al norte, noroeste y noreste con el estado de Jalisco, al sureste con el estado de Michoacán, y al oeste y sur con el Océano Pacífico.

La extensión territorial del estado es de 5 455.06 km<sup>2</sup> que representa el 0.27% de la superficie total del territorio nacional.

## 1.2 PANORAMA DEMOGRAFICO

La población total del estado de Colima, según el Censo General de Población y Vivienda de 1990 INEGI, es de 428,510 habitantes; de los cuales el 49.6% (212,543) son hombres y el 50.4% (215,967) son mujeres.

En lo referente a la economía en el estado, 296,144 habitantes están en edad de laborar. De éstos, la población económicamente activa es de 136,046 habitantes; de los cuales 4,317 se consideran ocupados y el resto, es decir 155,781 corresponden a la población económicamente inactiva.

De acuerdo a la actividad o sector económico, la población económicamente activa se distribuye de la siguiente forma: el sector más importante por número de personas que lo forman es el de comercio y servicios (terciario), al que le corresponde el 51.6% del total; le sigue el sector agropecuario (primario) con 24% ; el sector industrial (secundario) abarca el 21.4% , el 3% de la población no especifica su actividad.

Colima, al igual que el resto de los estados de la República Mexicana, presenta una heterogeneidad en la distribución espacial de la población; existen núcleos urbanos originados por la concentración de fuentes de trabajo y servicios; así, tenemos que de los 428,510 habitantes con los que cuenta el estado, el 15.1% se consideran población rural distribuida en 927 localidades. En contraste el 84.9% que corresponde a la población urbana se encuentra en tan solo 21 centros urbanos, como se puede observar en la tabla No.1 en donde se muestran las principales localidades y su número de habitantes tomando en consideración aquellos lugares que rebasan las 2000 personas.

De acuerdo a la división política-administrativa, el estado de Colima comprende 10 municipios (fig.1.2) ; la población en cada uno de ellos, así como su tasa de crecimiento en el período 1980 a 1990 se muestran en la tabla II; en ésta se observa que el municipio de Villa de Alvarez es el que presenta mayor crecimiento poblacional y es de 6.8%, lo que se explica por la colindancia de este municipio con la capital del estado, llegando a formar incluso una sola mancha urbana; esto también justifica el 1.5% de crecimiento que existe en el municipio de Colima; los municipios de Armería, Manzanillo y Tecomán muestran una tasa de crecimiento entre 2 y 2.5 Coquimatlán, Ixtlahuacán, Minatitlán, Cuauhtémoc y Comala presentan una tasa de crecimiento menor del 2%, de estos últimos la ciudad de Comala es la que representa el menor índice de crecimiento urbano, en los últimos 10 años siendo el 0.7%.

En la tabla II, la tasa de crecimiento del período 1980-1990 decreció en 1.4%; esto debido a la baja en el nivel de fecundidad de la mujer colimense, como consecuencia del slogan publicitario: «La familia pequeña vive mejor».

En cuanto a la densidad de población por municipio tabla, III, la mayor existe en Colima, Villa de Alvarez y Tecomán. En términos porcentuales, Colima, Manzanillo y Tecomán concentran el 68.06% de la población total del estado (fig. 1.3).

## 1.3 LAS COMUNICACIONES

El estado de Colima, posee una infraestructura adecuada a su situación geográfica en el país, ya que, cuenta con vías terrestres, marítimas y aéreas de comunicación. Básicamente, existen suficientes vías de comunicación, para crear las condiciones principales hacia el desarrollo económico del estado. Se cuenta con una extensa red vial carretera, que cubre una longitud de 1 335 km., accesible a los puertos y puntos de gran importancia productiva. Las vías de acceso principales son: México 110, Colima-Río Naranjo; Colima-Tecomán, Tecomán-Cerro de Ortega; México 200 Costera del Pacífico, Tecomán-Río Cihuatlán; México 054, Colima-Tonila y Manzanillo-Minatitlán y recientemente, la autopista Guadalajara-Manzanillo. A nivel intra Colima-Minatitlán, la Primavera-Galage, Tepames-Potrerillos, Comala-San Antonio y Coquimatlán-La Madrid.

En lo referente a F.F.C.C., se cuenta con la línea ferroviaria proveniente de la ciudad de Guadalajara,

Jal., cruzando la entidad de noreste a suroeste pasando las siguientes estaciones: Alzada, La Estancia, La Báscula, Tecomán, Armería, Cuyutlán y Manzanillo. Siendo esta última la mayor relevancia, debido a sus movimientos de importación y exportación de mercancías. La longitud total de vías férreas es de 175 km. en el estado de Colima.

En cuanto a aereotransportación, en el estado, se cuenta con tres aeropuertos, los cuales están ubicados uno en Colima y dos en Manzanillo respectivamente. Las instalaciones de estos dos aeropuertos son muy

reducidas, porque regularmente existe tránsito aéreo solo durante el día. La capacidad de los aeropuertos es para recibir naves Jet DC9 y B-727.

En lo referente a transporte Marítimo, existen servicios de cabotaje y altura en el puerto de San Pedrito, en Manzanillo.

Así pues, es significativo el movimiento portuario en Manzanillo, excepto el transporte de pasajeros, y potencialmente es de gran importancia para el desarrollo y crecimiento económico de la región (fig. 1.4).

## Capítulo 2. Marco Físico General

### 2.1 UNIDADES DE RELIEVE

En el estado de Colima existen diversos elementos orográficos, los cuales constituyen el relieve actual (fig. 2.0). Estos, a su vez, determinan las condiciones e influyen en el comportamiento del clima y de la hidrología regional.

Las distintas morfoestructuras: sierras, barrancas, valles, llanuras, mesetas, entre otras forman parte de las dos provincias fisiográficas que incluyen al estado, la del Eje Neovolcánico y la de la Sierra Madre del Sur.

Así, se describen a continuación las unidades del relieve que destacan: en la porción noreste y norte de la entidad, se localizan el volcán de Colima y cerro Grande, respectivamente, este último es la continuación sur de la sierra de Manantlán en Jalisco.

El volcán de Colima, con altitud de 4 220 m, sirve de límite al estado de Colima con los municipios de Tuxpan y Zapotitlán, Jal; al oeste del mismo se localiza el arroyo La Lumbre y al este se encuentra la barranca del Muerto.

A partir de las faldas del volcán de Colima, el valle de Colima que tiene una superficie de 1 280 km<sup>2</sup> aproximadamente y altitud que va de 500 a 1000 m, conforma un llano limitado al este por la sierra Perote (1000 msnm) y al noroeste por cerro Grande (2000 msnm); también al este, el valle de Colima, limita con los cerros La Yerbabuena (1000 msnm) y El Salto (1000 msnm), para así continuarse, en el sur, con el valle de Armería-Tecomán-Periquillos.

Como se ha descrito anteriormente, la sierra Perote es el parteaguas central que divide el valle de Colima y el valle de Minatitlán. Este último, situado al oeste de la sierra Perote y entre los 1000 y 1500 m. de altitud. El valle de Marabasco, que limita al norte y noroeste con el estado de Jalisco y al sur con el Océano Pacífico, se sitúa entre los 0 y 100 msnm. y tiene una extensión de 66.7 km<sup>2</sup> aproximadamente, además coincide en la costa sureste con el valle de la Central-Peña Blanca, el cual abarca 12 km<sup>2</sup> de superficie.

Los valles pequeños del estado, con gran importancia como acuíferos, se encuentran distribuidos en la línea costera del Pacífico. Es decir, los valles Santiago-Salagua

y Jalipa-Tapeixtles se encuentran limitados en el sur por la bahía de Manzanillo y en el norte y flancos por los cerros Centinela (500 msnm.) y El Toro (500 msnm.). Los valles El Colomo y Venustiano Carranza limitan al norte con las faldas de la sierra Perote y al sur con la laguna de Cuyutlán y barras costeras paralelas al Océano Pacífico, ocupando una superficie de 46.3 km<sup>2</sup>. en conjunto.

El valle Armería-Tecomán-Periquillos, continuación del valle de Colima, se localiza al sur y es un plano inclinado de norte a sur con 450.9 km<sup>2</sup>. de superficie entre los 500 y 0 msnm., limita al este con el cerro de San Gabriel (500 msnm.) y el río Coahuayana y al sur con el Océano Pacífico.

### 2.2 TIPOS DE SUELOS: CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GRADO DE PERMEABILIDAD

El estado de Colima presenta gran diversidad de suelos que van desde el regosol, con características jóvenes de poco desarrollo y alta permeabilidad, hasta el vertisol, maduro, de textura fina y baja permeabilidad; la descripción se efectúa de acuerdo a su cubrimiento superficial en la entidad.

Por dominancia se describe el regosol éutrico, que se localiza en el oeste de la zona de estudio; se encuentra asociado con litosol y feozem háplico de textura media y alta permeabilidad, comprende parte de los valles de Minatitlán, Marabasco, La Central-Peña Blanca, V. Carranza, El Colomo, Armería-Tecomán-Periquillos y Colima, así como en la sierra Perote y en el cerro Centinela entre otros, donde su espesor es delgado y sobreyace a rocas cuya permeabilidad es baja, principalmente en sitios abruptos. Además se presenta en asociación con cambisol crómico y feozem háplico de textura media y alta permeabilidad en el volcán de Colima (v. de Fuego), parte del valle de Colima, cerros Yerbabuena y El Salto, ésta última unidad tiene orientación de noroeste a sureste.

El feozem tiene como característica principal coloración oscura, alto contenido de materia orgánica y nutrientes, por lo que se considera muy fértil para el desarrollo de los cultivos. El feozem háplico asociado a feozem calcárico y rendzina, es de textura fina y alta permeabilidad, comprende menor superficie que el anterior; se ubica en el centro y sur de la zona, principalmente en el valle de Armería-Tecomán-Periquillos y en



los cerros San Miguel y San Gabriel. Asociado con cambisol y regosol éutricos, de textura media y alta permeabilidad se encuentra en el valle de Colima, parte de la sierra Perote y faldas del volcán de Colima; esta última unidad se sitúa en el norte del área.

Entre el regosol del volcán de Colima y las unidades de feozem de los valles Armería-Tecomán-Periquillos y Colima, se localiza un vertisol crómico de textura fina y baja permeabilidad con orientación de noroeste a sureste, cuya característica principal es el agrietamiento y dureza cuando está seco y su expansión cuando está húmedo. También se localiza un acrisol órtico asociado con cambisol y luvisol crómicos de textura fina y permeabilidad media, forma parte del valle de Colima; colindando con esta unidad y en el mismo valle, se aprecia un cambisol éutrico asociado con regosol éutrico y cambisol crómico de textura media y alta permeabilidad.

En el sureste de la entidad se encuentra un vertisol pélico en asociación con rendzina y vertisol crómico de textura fina y baja permeabilidad, presentándose en las faldas del cerro El Salto en colindancia con el límite estatal de Michoacán. Aledaño a esta unidad se encuentra un feozem calcárico asociado con rendzina y feozem háplico de textura fina y alta permeabilidad. En la misma zona se presenta otro vertisol pélico asociado con un cambisol éutrico y litosol de textura fina y baja permeabilidad dentro del valle Armería-Tecomán-Periquillos.

En la fracción suroeste de la zona de estudio, en el valle de V. Carranza, se presenta primeramente un feozem háplico asociado con fluvisol y cambisol éutricos de textura media y alta permeabilidad; en segundo lugar existe un solonchak órtico, asociado con solonchak gléyico y fluvisol éutrico caracterizado por alta concentración de sales e inundación que impiden el desarrollo de cualquier cultivo, esta unidad de suelo es de textura gruesa y baja permeabilidad, la que se debe a escurrimientos de origen mixto, provenientes del área continental y del aporte de mareas. Estos suelos se prolongan hasta el valle de El Colomo y parte del valle Santiago-Salagua. En éste último domina el fluvisol éutrico asociado con feozem háplico de textura media y alta permeabilidad.

En el valle de Marabasco predomina el feozem háplico asociado a fluvisol y cambisol éutricos de textura media y alta permeabilidad; colindando con esta unidad y compartiendo el valle se encuentra el gleysol éutrico asociado con solonchak gléyico y regosol éutrico de textura media y permeabilidad baja; ambas unidades se sitúan en la porción oeste.

En el noroeste y norte existe un litosol asociado con regosol éutrico y luvisol crómico de textura media y baja permeabilidad; se presenta en el valle de Minatitlán y en la parte norte del valle de Colima. En el primero de estos

valles se encuentran asociados el regosol y cambisol dísticos con litosol de textura fina y alta permeabilidad; también comparte el valle el cambisol éutrico asociado con litosol y feozem háplico de textura media y alta permeabilidad. En cerro Grande, ubicado en la parte norte del área, existe dominancia de andosol órtico asociado con litosol y luvisol crómico; son de textura media y alta permeabilidad, caracterizado principalmente por ser oscuro, suelto y de baja productividad ya que retienen mucho el fósforo impidiendo que sea asimilado por las plantas.

En superficies pequeñas localizadas en el centro de la zona de estudio, se presenta el cambisol crómico asociado a feozem háplico y vertisol crómico, de textura fina y alta permeabilidad, comprende parte del valle de Colima. En el norte del valle de Armería-Tecomán-Periquillos existe rendzina asociada a cambisol húmico y litosol; su textura es media y permeabilidad alta.

Por último en el volcán de Colima, ubicado en el extremo noreste se encuentra una pequeña superficie de litosol asociado con regosol éutrico, de textura gruesa y baja permeabilidad; este suelo se encuentran en las partes más accidentadas y de mayor elevación del volcán.

En conclusión, se establece la dominancia superficial en la zona por suelos de alta permeabilidad, siendo éstos: regosol, feozem y cambisol; de lo contrario con muy baja permeabilidad se tienen el vertisol, solonchak y litosol. Por último, de permeabilidad media y con superficie relativamente pequeña existe el luvisol. Para mejor comprensión de lo expuesto ver las figuras 2.1 de Edafología, 2.0 Grandes Unidades de Relieve y 2.2 de Grado de Permeabilidad de los suelos. La descripción antes mencionada obedece al Suelo dominante.

### **2.3 CARACTERÍSTICAS BIOGEOGRÁFICAS: USO DEL SUELO Y VEGETACION**

El estado de Colima por sus características geográficas presenta gran diversidad de asociaciones vegetales, como: Selva Baja Caducifolia, Selva Mediana Subcaducifolia y Bosque, así como pequeñas áreas representativas de la Selva Baja Espinosa, Vegetación Halófila, Manglar y Sabana; las características fisonómicas, como la densidad vegetal inciden en el grado de infiltración y escurrimiento del agua (fig. 2.3).

La intervención del hombre sobre este medio natural se manifiesta en las actividades agrícolas principalmente, las cuales se realizan en pendientes muy leves y áreas de lomerío. En el primer caso, se practica la agricultura de riego, la cual es de mayor magnitud en los valles de Armería-Tecomán-Periquillos, Marabasco, etc. sobre altitudes que apenas sobrepasan los 500 m; en el segundo, se practica la agricultura de temporal, la cual se realiza sobre todo en el valle de Colima, en altitudes cercanas a los 1500 m.

Una consecuencia de la acción directa del hombre sobre el medio natural, es la aparición de la comunidad vegetal denominada pastizal inducido, el cual surge debido al desmonte de la vegetación original, con fines de utilización pecuaria. También se desarrolla en áreas agrícolas abandonadas o que se incendian frecuentemente. Esta comunidad vegetal se localiza en el noreste del estado en el valle de Colima. Algunas de las especies de gramíneas representativas son: *Aristida adscensionis*, *Paspalum notatum* y *Cenchrus* spp. En estos sitios agropecuarios la cobertura vegetal es menor debido al uso intensivo del recurso suelo, por lo que su densidad es baja.

Los diferentes paisajes que se encuentran en la entidad presentan un mosaico rico en asociaciones vegetales de importancia ecológica, y que debido a sus condiciones topográficas han sido poco alteradas por la acción del hombre. Estas comunidades vegetales son: Selva Baja Caducifolia, se presenta en zonas con clima cálido de humedad variable; su distribución corresponde particularmente a la vertiente del Pacífico, aunque también penetra a lo largo de los cañones que forman los ríos Marabasco-Minatitlán, Armería y Salado. Altitudinalmente son asociaciones que están dentro de las cotas 0-1900 m. Durante el período seco del año, más del 75 % de los individuos pierden sus hojas; las especies más representativas son *Bursera* spp., *Lysiloma* spp., *Ceiba* spp., *Ipomoea* spp., *Ficus* spp., *Pseudo-bombax* spp., etc.

Selva Mediana Subcaducifolia, se localiza en la parte central del estado, así como en manchones discontinuos desde las inmediaciones de la sierra Perote hasta en parte del valle Armería-Tecomán-Periquillos, en altitudes que oscilan entre 0 y 1300 metros, aunque en sitios como cerro Grande alcanza mayores alturas sobre el nivel del mar, circunstancia que la hace colindar con los bosques de encino y pino. La irregular distribución de la precipitación a lo largo del año provoca que en esta asociación de un 50% a un 75% de especies pierdan el follaje durante el periodo seco del año, a pesar de que la humedad atmosférica proveniente del mar influya en el verdor de esta vegetación. Dadas las características ya mencionadas destacan las siguientes especies: *Brosimum alicastrum*, *Hura polyandra*, *Bursera simaruba*, *Hymenaea courbaril*, entre otras.

La Selva Baja Espinosa, se localiza en el sur del valle de Colima y en el sureste del de Armería-Tecomán-Periquillos, sobre terrenos con pendiente plana y suelo cuya textura es de clase media y fina. Estas últimas características son ideales para la agricultura, razón por la cual sólo quedan pocas áreas representativas en el estado. Esta comunidad se conforma por individuos vegetales muy heterogéneos y se caracteriza por tener en gran proporción árboles espinosos, destacándose las siguientes especies: *Pithecellobium flexicaule*,

*P.dulce*, *Cercidium* spp., *Prosopis* spp., *Haematoxylum brasiletto*, etc. La densidad de estas comunidades vegetales es alta.

Los bosques son asociaciones vegetales que se desarrollan en las zonas montañosas del estado, sobre altitudes que varían entre 1500 y 3000 m, como sucede en la sierra Perote, cerro Grande, volcán de Colima y de manera dispersa en otras áreas no menos importantes. Las principales especies que conforman a los bosques son de los géneros *Pinus* spp., *Quercus* spp., *Abies* spp. los cuales pueden presentarse en forma asociada. Los bosques son objeto de gran explotación comercial, a pesar de que no son comunidades complejas y heterogéneas como las selvas, se consideran dentro del mismo grupo, es decir, su densidad vegetal es alta.

Vegetación de Manglar, se encuentra presente en las zonas bajas y fangosas de inundación permanente, en la desembocadura del río Marabasco, en donde hay influencia de agua del mar. Debido a las condiciones mencionadas las principales especies representativas de esta asociación son *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. Por sus características fisonómicas, se clasifica dentro del grupo cuya densidad vegetal es alta.

Vegetación de sabana son áreas que se localizan al este del estado. Se caracterizan por tener vegetación arbórea dispersa y gran cantidad de gramíneas amacolladas sobre suelos con drenaje deficiente, que se inundan en la época húmeda pero que llegan a secarse por completo en el período seco. Las especies gramíneas más comunes son: *Andropogon* spp., *Paspalum* spp., etc. Los principales componentes arbóreos son: *Crescentia alata*, *Curatella americana*, etc.

Vegetación halófila, se desarrolla sobre suelos altamente salinos; se localiza en los entornos de la laguna de Cuytlán y en una porción de la costa de Tecomán. Se compone de especies arbustivas o herbáceas tales como: *Atriplex* spp., *Batis maritima*, *Limonium californicum*, etc. Estas dos últimas asociaciones vegetales, cuyas características fisonómicas, florísticas, y ecológicas son muy disímiles, por su cobertura vegetal se consideran dentro del rango de densidad media. En el estado de Colima, las condiciones que guardan las asociaciones vegetales juegan un papel importante en el ciclo hidrológico, ya que la conservación o uso de la vegetación influye sobre los fenómenos de infiltración y escurrimiento del agua pluvial, la cual es la fuente básica en la recarga de los mantos acuíferos. En los terrenos accidentados el escurrimiento es mayor debido a la pendiente abrupta, aunque en ellas la densidad de la cobertura vegetal es alta. En la (fig. 2.3.1) se muestra un perfil con la distribución y variación altitudinal de la vegetación y el anexo I las especies más comunes de la biocenosis del estado.

## Capítulo 3. Clima

### 3.1 DISTRIBUCION Y VARIACION.

En el medio físico existente interviene el clima, directa o indirectamente y causa efectos notables en los procesos y sistemas naturales. El clima también incide en la variación de las características propias del medio ambiente.

El clima y sus dos elementos, temperatura y precipitación (fig. 3.1 y anexo II), se encuentran directamente relacionados con el ciclo hidrológico, tienen efectos directos sobre la vegetación, el drenaje natural, el grado de humedad del suelo y el balance hídrico en el estado de Colima.

En el estado se presentan los siguientes climas (figs. 3.2, 3.2.1 y 3.2.2):

En la mayor parte de la entidad se encuentra el tipo climático AW, cálido subhúmedo con lluvias en verano, prevalece en las porciones oeste y este del estado, es un clima isotermal en el que la oscilación entre el mes más cálido y el más frío es inferior a 5°C. La temperatura media anual es de 26.6°C y la precipitación total anual de 1051.9 mm.

En la porción sur, BS1(h'), el clima es semiseco con lluvias en verano, isotermal; la oscilación entre el mes más frío y el más cálido es menor de 5°C; presenta canícula o sequía de medio verano. Con una temperatura media anual de 26.3°C y la precipitación total anual de 709.7mm.

En la parte norte del volcán y noroeste el tipo climático ACw, semicálido húmedo con lluvias en verano todo el año. La precipitación del mes más seco es menor de 40 mm. y el porcentaje de lluvia invernal menor de 5.

Cerca de la cúspide del volcán de Colima el tipo climático es el C(w) templado subhúmedo, con lluvias en verano. La precipitación invernal entre 5 y 10.2% .

Y por último en la cúspide del volcán, el tipo climático C(E)(w), semifrío subhúmedo, con lluvias en verano; la precipitación del mes más seco inferior a 40 mm; el porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2.

### 3.2 TEMPERATURA, PRECIPITACION Y EVAPOTRANSPIRACION

Los elementos esenciales del clima son temperatura y precipitación (fig. 3.2.3). En Minatitlán, la temperatura promedio es de 20°C en los primeros cuatro meses del año, siendo la máxima de 25°C en los siguientes meses: mayo, junio y julio. La precipitación total anual alcanza arriba de 400 mm.

En el valle de Colima prevalece una temperatura de 22°C, casi uniforme en todo el año y precipitación total menor de 200 mm. En el valle Armería-Tecomán-Periquillos el clima es semiseco con una precipitación menor de 200 mm., las temperaturas alcanzan arriba de 25°C durante todo el año.

La evapotranspiración real en toda la entidad es de 700 a 900 mm. (fig. 3.2.4), siendo la media anual de 800 mm. En el valle de Armería-Tecomán-Periquillos oscila entre 800 y 900 mm.

Con respecto al déficit de agua existe un comportamiento variable en toda la entidad (fig. 3.3).

En Tecomán el déficit de agua se presenta en casi todo el año, excepto en los meses de septiembre y octubre. La evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación en esta parte de la entidad; esto se debe a la baja altitud y a los factores físicos que enmarcan este sitio.

En Manzanillo se hace evidente el déficit en la primera mitad del año y en el último mes, siendo mucho mayor la precipitación que la evapotranspiración potencial en los meses de agosto a octubre.

En Colima se presenta el déficit en los primeros cinco meses del año y el mes de diciembre, habiendo un aumento de agua y superhabit en la temporada de lluvias (de julio a octubre); siendo más uniforme la evapotranspiración potencial que la precipitación.

En la parte norte del estado en Quesería, el déficit de agua comprende solamente los primeros cinco meses, siendo mayor la precipitación que la evapotranspiración en la mayor parte del año. Esto se debe a que se encuentra en una parte elevada y húmeda.

### 3.3 CONSECUENCIAS HIDROLOGICAS DEL REGIMEN CLIMATICO

En Colima la precipitación permite que se incremente el volumen escurrido de algunas corrientes superficiales tanto permanentes como temporales, estacionalmente.

La mayor parte de los recursos hídricos de Colima son causados por altos niveles de infiltración y escurrimiento que provienen de las zonas de alta montaña en el sur de Jalisco.

El comportamiento del régimen hidrológico trasciende en la entidad, pues los ríos en su mayoría, son corrientes que soportan actividades económicas.

La mayor parte de los recursos hidrológicos de Colima son causadas por altos niveles de infiltración y escurrimiento que provienen de las zonas de alta montaña en el Sur de Jalisco.

El comportamiento del régimen hidrológico trasciende en la entidad, pues los ríos en su mayoría son corrientes que soportan actividades económicas.

## Capítulo 4. Geología

### 4.1 GEOMORFOLOGIA

El estado de Colima está enclavado en las provincias geológicas de la Sierra Madre del Sur y del Eje Neovolcánico (López Ramos, 1979). En dichas provincias la conformación del relieve es el resultado de procesos endógenos y exógenos.

La porción correspondiente a la Sierra Madre del Sur, se caracteriza principalmente por su topografía montañosa con pendientes escarpadas, cuya altitud promedio varía de 300 a 1700 m.; sierras complejas constituídas por secuencias volcanosedimentarias y rocas volcánicas (noroeste y sur del estado); sierras plegadas, formadas por rocas sedimentarias calcáreas, clásticas y asociaciones de ambas, expuestas principalmente en el norte, centro y sureste del estado y cuya dirección de los ejes estructurales es en dirección general noroeste-sureste, donde el drenaje está controlado por la estratificación de estas rocas; y cerros de topografía suave debido a la erosión de las rocas plutónicas que pertenecen al batolito Circumpacífico y afloran al oeste del estado. Estas rocas intrusivas en algunos sitios presentan intemperismo esferoidal.

Los derrames y piroclastos que pertenecen a la Sierra Madre del Sur contrastan morfoestructuralmente con las rocas sedimentarias y plutónicas. El drenaje está controlado por las topoformas, el fracturamiento y la pseudoestratificación de las rocas piroclásticas, cuyo relieve presenta cuevas y contracuevas abruptas.

La porción del estado correspondiente a la Sierra Madre del Sur se encuentra en una etapa de madurez avanzada.

La fracción correspondiente al Eje Neovolcánico se caracteriza por su paisaje denudatorio y acumulativo; pues los sistemas montañosos, formas volcánicas activas e inactivas, valles y planicies son producto de la neotectónica. Forma parte de una meseta volcánica de orientación general este - oeste, con altitud promedio de 1700 m., donde destaca el volcán de Colima con altitud de 4200 m., predominan las rocas basálticas, numerosos conos volcánicos y cuencas endorréicas rellenas de ceniza.

Así, se puede localizar un relieve enterrado al noreste del estado, el que se manifiesta por abundantes efusiones volcánicas que surgieron por fallas, fisuras y chime-

neas con orientación noreste - sureste; con sus productos volcánicos cubrieron la mayor parte del relieve anterior, creando un nuevo relieve montañoso, en el cual existen abundantes conos volcánicos monogenéticos, estratovolcanes, derrames lávicos, lahares, derrames de brecha y depósitos cineríticos. Debido a las características de alta permeabilidad de estos depósitos volcánicos, existen pocas corrientes superficiales. El relieve montañoso posee pendientes escarpadas, gargantas (valles en «V») y pocos depósitos aluviales, indicativos de una etapa de juventud.

La ciudad de Colima está ubicada en un glacis de acumulación, constituido por depósitos clásticos y lahares, los cuales rellenan el graben de Colima. En la actualidad dicho graben está siendo disectado por erosión regresiva y su flanco oeste, está limitado por una estructura anticlinal calcárea que presenta pequeñas dolinas (cerro Grande) y uvalas a lo largo del eje de la estructura, que pertenecen a las sierras plegadas.

En las cuencas endorréicas del Eje Neovolcánico la mayor parte del agua se infiltra al subsuelo, el desagüe exorréico de la región desemboca en el valle de Tecomán y produce planicies deltáicas. Así mismo, la erosión fluvial y el desagüe heredado, aunados a otros agentes modeladores, han constituido el paisaje actual de terrazas aluviales en el área de Armería. Se aprecia la presencia de llanuras arcillo-salinas en la zona de Cuyutlán y Manzanillo; en las cercanías a los poblados El Limón, El Pedregal y Tepeguajes, se tienen conos de deyección.

### 4.2 ESTRATIGRAFIA

Las unidades litológicas que afloran están compuestas por rocas sedimentarias, plutónicas, volcánicas y volcánicas, ubicadas en un rango cronoestratigráfico comprendido entre el Mesozoico y Cenozoico (fig. 4.1 y anexo fig.4.1.1).

#### UNIDADES DEL CRETACICO

Fueron subdivididas en dos paquetes de rocas, el primero corresponde a las rocas del Cretácico Inferior y el segundo al las rocas del Cretácico Superior.

En el oriente del estado, afloran dos unidades de roca volcánica: la primera consiste en basalto de color oscuro e intemperismo profundo en forma esferoidal; comúnmente presenta estructura de almohadilla y

subyace a calizas del Cretácico Inferior; se trata de una roca efusiva originada en un medio marino a gran profundidad. Su permeabilidad es alta y su exposición es restringida. La segunda unidad es una andesita de textura porfídica, de color verde oscuro; subyace discordantemente a riolitas del Terciario y forma parte de la secuencia magmática volcánica de arco insular y alterna con paquetes de caliza; la permeabilidad es baja. Ambas unidades quedaron incluidas en el Cretácico Inferior.

En el noroeste de la entidad, está presente una secuencia volcanosedimentaria, constituida en su base por caliza en estratos masivos, graduando a gruesos a medida que subimos estratigráficamente; se alternan con rocas volcanoclásticas de apariencia tobácea y derrames andesíticos; está afectada por el granito y presenta fracturas y fallas normales con dirección noroeste-suroeste, se origina en zonas de arco volcánico insular. Tiene permeabilidad localizada por fracturas, aunque debido a las intercalaciones de material volcanoclástico y a los derrames andesíticos la permeabilidad en general es baja. Por contener este paquete a la roca caliza, se le asignó edad del Cretácico Inferior.

En el Cretácico Inferior se depositó también una secuencia de lutita alternada con arenisca, que aflora en contacto discordante con caliza, caliza-lutita y caliza-yeso; contiene también limolita y esporádicos cuerpos de conglomerado. La lutita es la roca predominante y presenta estratificación que va de laminar a delgada; la unidad se encuentra fracturada, deformada e intrusionada por diques principalmente granodioríticos. Su morfología es de lomeríos suaves disectados y dada la compactación de la arenisca y la dominancia de los clásticos finos, la permeabilidad es baja.

La caliza que sobreyace a la secuencia anterior, es de estratos delgados a masivos, plegados y fracturados por efectos del emplazamiento de cuerpos intrusivos. Está asociada a yacimientos de barita y depósitos evaporíticos, de los que se extrae yeso. Se le correlaciona con la Formación Morelos y se distribuye principalmente en el norte del estado, en la sierra de Manantlán cerro Grande, y en la porción sureste; presenta formas de disolución, dolinas uvalas y grutas. La permeabilidad de esta roca es alta generalmente y constituye zonas de recarga, a excepción de los sitios donde se encuentra recristalizada por efectos de los cuerpos intrusivos.

En el sureste del estado aflora la caliza-lutita, que consiste en una secuencia de caliza arcillosa y lutita calcárea depositadas en ambiente nerítico. La caliza se encuentra dispuesta en estratos delgados sumamente fracturados que contienen amonitas no clasificadas; la lutita presenta ligeros cambios graduales a lutita arenosa, físil y deleznable. La unidad es impermeable.

En la porción central de la entidad, al sur de Coquimatlán, está expuesta en forma restringida la asociación de caliza-yeso, depositada en un medio acuoso cercano a la costa. La caliza es de estratificación variable entre gruesa y masiva, de textura packstone y abundantes hoyuelos de disolución; el yeso es de estratos masivos con formas kársticas. Esta unidad sobreyace a la unidad de caliza-lutita y subyace a areniscas del Cretácico Inferior; dada la disolución y fracturamiento que muestra, la permeabilidad es alta.

En la porción norte del estado, al suroeste de la sierra de Manantlán, aflora en forma restringida una unidad de arenisca-conglomerado, la cual sobreyace en discordancia a la unidad de caliza del Cretácico Inferior. Los clastos se derivan principalmente de rocas calcáreas; por su grado de fracturamiento y consolidación variable se consideró su permeabilidad como media.

En esta misma zona está expuesta una pequeña unidad de arenisca, roca clástica depositada en ambiente litoral, que sobreyace a caliza-yeso del Cretácico Inferior en el cerro La Vieja y marca una paleocosta. Presenta cambios graduales en el tamaño del grano; su grado de consolidación y cementación con carbonato es deficiente, por lo que la permeabilidad varía de baja a media.

El paquete de rocas del Cretácico Superior consiste en: caliza-lutita que aflora al suroeste del estado, al noreste de la población de Tecomán. Constituye el centro de los sinclinales y sobreyace a la unidad de caliza del Cretácico Inferior, consiste en una secuencia marina depositada en ambiente nerítico, compuesta por alternancia de caliza, lutita, arenisca y marga. La unidad se encuentra afectada por tectonismo y forma estructuras plegadas con buzamiento hacia el suroeste; descansa en discordancia paralela sobre las calizas de la Formación Morelos y subyace a sedimentos terrígenos del Terciario. Constituye lomeríos de pendiente suave y su permeabilidad es baja debido a que predominan los clásticos finos.

En la porción oriental del estado aflora la unidad de lutita-arenisca, sobre la carretera que une la ciudad de Colima con Ixtlahuacán. Está formada por la intercalación de lutita, arenisca, marga, caliza y conglomerado, con predominancia de las dos primeras, por lo que se cartografió como lutita-arenisca. Su ambiente de depósito es el nerítico-sublitoral; la unidad se presenta tectonizada y afectada por intrusiones de composición ácida. Se le correlaciona con la Formación Mal Paso del Cretácico Superior; la permeabilidad de esta unidad varía de baja a media, debido al fracturamiento y variación litológica, sin embargo predomina la permeabilidad baja por la dominancia de los sedimentos finos.

En la zona central del estado, principalmente al sur del poblado Juárez, está expuesta la secuencia de

arenisca-conglomerado, constituida por arenisca que gradúa lateralmente a conglomerado polimíctico, depositado en ambiente fluvio-lacustre. Subyace al paquete volcánico andesítico del Terciario Inferior; la arenisca está semicompactada y el conglomerado es de matriz arenosa, esto aunado al intenso fracturamiento que muestra, le confieren una permeabilidad media.

En el noroeste y sur del estado, aflora un paquete de material volcanoclástico, al cual se le incluyó en el Cretácico Superior porque está cubriendo la secuencia volcanosedimentaria del Cretácico Inferior y está afectado por el batolito granítico del Cretácico Superior. Este paquete se constituye por roca volcanoclástica con asociaciones de toba andesítica e ignimbrítica, derrames andesíticos, riolíticos, dacíticos y latíticos; se caracteriza por mostrar gradación, estructura lenticular y fuerte empaquetamiento. La pseudo-estratificación que presenta en algunos afloramientos varía de 10 a 60 cm. de espesor; el fracturamiento principal es en dirección noroeste-sureste, y en algunos sitios presenta alteración hidrotermal ocasionada por el granito. Se caracteriza por la ausencia de rocas sedimentarias calcáreas y se cree que junto con la unidad volcanosedimentaria, atribuyen su origen al desarrollo de un arco volcánico insular. La permeabilidad de esta unidad de acuerdo con sus características físico-litológicas es baja.

La mayoría de las rocas descritas anteriormente se encuentran afectadas por cuerpos intrusivos que las han emplazado en diferentes épocas; la roca intrusiva de mayor afloramiento es un granito que cubre la mayor parte del oeste del estado, en el oriente se presentan dos unidades intrusivas de dimensiones mucho más pequeñas que el granito y consisten en un tronco de monzonita y un pequeño dique de diorita.

El granito presenta variaciones a granodiorita y tonalita: su estructura es compacta masiva y en ocasiones intemperiza en forma esferoidal; el sistema principal de fracturas es en dirección noroeste-sureste y forma un ángulo promedio de 45° con el sistema secundario de dirección suroeste-noreste. En algunas localidades está intrusionado por diques de composición diorítica. La unidad intrusiva a rocas sedimentarias calcáreas y secuencias volcanosedimentarias del Cretácico Inferior y a depósitos volcanoclásticos del Cretácico Superior; subyace en discordancia a rocas volcánicas de composición ácida e intermedia y depósitos arenos-conglomeráticos del Terciario. Algunos autores consideran que esta unidad tiene migración en tiempo y espacio del Cretácico Superior al Terciario Inferior; la permeabilidad de esta unidad es baja.

La monzonita es de color gris oscuro, alterada por hidrotermalismo; su relación estratigráfica con andesitas y calizas del Cretácico no es muy clara. Esta roca es sumamente compacta y escasamente fracturada, por lo

que su permeabilidad es baja; la diorita es de color gris verdoso e intemperismo esferoidal; se encuentra asociada a derrames de composición intermedia y básica de la misma edad, junto con la monzonita se le incluyó en el Cretácico indiferenciado. La permeabilidad de la diorita es baja.

#### UNIDADES DEL Terciario

Fueron divididas en dos paquetes de rocas, las correspondientes al Terciario Inferior y las del Terciario Superior. El primero se describe a continuación:

En el noroeste del estado, en los alrededores de la mina Peña Colorada, aflora una roca sedimentaria clástica de estratificación arrítmica constituida por arenisca y conglomerado. La arenisca tiene textura clástica samítica, de grano medio, compacta; el conglomerado es polimíctico con fragmentos redondeados y subredondeados de caliza, andesita y pedernal, en una matriz clástica samítica-pelítica con trazas de cemento espático. La unidad en general presenta estratos de aproximadamente 20 cm. de espesor y ligero buzamiento al noreste. Sobreyace a caliza del Cretácico Inferior, roca volcanoclástica del Cretácico Superior, granito del Cretácico y rocas volcánicas de composición intermedia del Terciario Inferior. Subyace a rocas de composición ácida de Terciario Superior, por lo que se le asigna edad terciaria inferior. Morfológicamente constituye lomerío y mesetas con paredes verticales, dado su grado de compactación y cementación la permeabilidad es baja.

En el suroeste del estado está expuesta una unidad de andesita formada por derrames lávicos de composición intermedia, de textura afanítica; cubre discordantemente a rocas clásticas correlacionables con el Grupo Balsas. La expresión morfológica es de montaña de topografía abrupta; la permeabilidad es baja tal como lo muestra su textura fina.

#### DEL Terciario Superior se tienen las siguientes unidades:

En el norte del estado, al oeste de la sierra de Manantlán, se exhibe en forma restringida, la riocacita, conformada por derrames lávicos de composición riocacítica con algunas alternancias de toba de la misma composición, su alteración produce caolín. Cubre discordantemente a granito Cretácico y subyace a rocas volcánicas del Cuaternario. Tienen permeabilidad muy localizada debido al fracturamiento, aunque en términos generales es baja.

En el sureste del estado y en el noroeste, en las laderas del volcán de Colima, aflora la toba intermedia-brecha volcánica intermedia; unidad compuesta de brecha volcánica andesítica, formada por fragmentos del tamaño de la grava y bloques subangulosos de rocas andesíticas, dispuestos en forma caótica, alternada; se deriva de la destrucción del volcán de Colima.

La toba en general es lítica andesítica y se presenta tanto compacta como deleznable.

La unidad se muestra en forma de mesetas de variable extensión que se aprecian al pie del volcán de Colima; está intensamente erosionada y presenta profundos barrancos. Sobreyace a derrames volcánicos del Terciario Inferior y subyace a rocas volcánicas del Cuaternario. La permeabilidad varía de media a alta.

En la porción norte del estado (oeste de la sierra de Manantlán) y en el noreste (en la parte más elevada del volcán de Colima), está expuesta la unidad de andesita, de textura afanítica a porfídica; el fracturamiento varía de moderado a intenso; sobreyace discordantemente a cuerpos intrusivos del Cretácico y a toba intermedia-brecha volcánica intermedia del Terciario Superior y subyace a basalto del Cuaternario. Su expresión morfológica es de montañas poligénicas con laderas disectadas por barrancos y cañadas, la permeabilidad es de media a alta.

La arenisca-conglomerado aflora en la porción noreste: consiste en depósitos continentales resultado de la destrucción de rocas volcánicas ácidas, intermedias y básicas; gran parte derivadas del volcán de Colima. El conglomerado es polimíctico y se forma de fragmentos que varían de subredondeados a redondeados, del tamaño la grava al de los bloques; se encuentran compactados y poco cementados. La arenisca es una litarenita de grano medio a grueso poco cementada; se observa estratificación cruzada en estratos de hasta 2 metros de espesor. La unidad forma parte de un potente evento sedimentario en los alrededores del volcán de Colima y está siendo fuertemente disectada, pues presenta profundos barrancos y cañadas. La permeabilidad varía de media a alta. Sobreyace en forma discordante a las rocas volcánicas ácidas, del Terciario Superior, así como calizas, areniscas y conglomerados del Cretácico.

La unidad de conglomerado aflora extensamente en el noreste del estado y en menor proporción en el sureste y sur, consiste en conglomerado polimíctico producto del retrabajo de material volcánico. Está poco compactado y pobremente cementado; sus fragmentos varían de subangulosos a subredondeados, derivados de andesita y andesita basáltica, con algunas lentes areno-tobáceos; constituye lomeríos bajos de cimas redondeadas y rellenos de valles la permeabilidad es alta.

#### UNIDADES DEL CUATERNARIO

En el límite sureste del estado, está expuesta una unidad de arenisca-conglomerado del Cuaternario, disectada por la corriente del río El Naranjo y algunos de sus afluentes, está constituida por grava con horizontes arenosos poco consolidados, derivados de la erosión de rocas volcánicas y de rocas carbonatadas; rellena depresiones y su permeabilidad es alta.

La unidad de suelos incluye el aluvial, lacustre, eólico y litoral. El primero se distribuye ampliamente y rellena los principales valles y planicies costeras; se constituye de partículas o sedimentos cuya granulometría varía de arcilla a grava, aunque en zonas localizadas contiene bastantes bloques; se encuentra inconsolidado y su permeabilidad varía de alta a media.

Los sedimentos lacustres están constituidos por limo y arcilla con bajo contenido de arena fina, depositados en ambiente de transición de tipo lagunal, en donde el agua es poco profunda, intermitente y con vida vegetal; contiene sales y gases disueltos y su permeabilidad es baja. Se le encuentra expuesto en Potrero Grande, Palo Verde y Cuyutlán, en esta última localidad se explotan salinas con fines comerciales, para consumo local y nacional.

El suelo eólico está formado por fragmentos redondeados del tamaño de la arena que han sufrido los procesos de transporte y depósito mediante la acción del viento. Los detritos son de cuarzo, feldespatos, micas y conchas; se distribuye a lo largo de la línea de costa, formando dunas alargadas y continuas; la permeabilidad de estos depósitos es alta.

El suelo litoral está constituido por depósitos clásticos recientes de playa, originados por la acción de las olas y corrientes marinas. Los fragmentos son de cuarzo, micas, de rocas y conchas, subredondeados y redondeados con granulometría del tamaño de la grava y la arena. Se distribuye en algunas porciones de la costa, formando playas como la de Manzanillo. La permeabilidad de estos sedimentos es alta.

#### 4.3 GEOLOGIA HISTORICA

La interpretación de los acontecimientos geológicos ocurridos, en la región se basan en el análisis de los afloramientos de rocas, de sus relaciones estratigráficas y estructurales y correlaciones con áreas vecinas.

La región que ocupa el estado de Colima fue durante la era Mesozoica una zona marina poco profunda, donde la línea costera sufrió desplazamientos debido a fluctuaciones en el basamento regional. El desarrollo de un arco volcánico insular en el Cretácico Inferior, origina un mar marginal y provoca la formación de rocas híbridas en el estado: asociación de caliza, derrames andesíticos, depósitos volcanoclásticos y tobas (mina Peña Colorada) o asociación de caliza con andesita y basalto almohadillado, originado en un medio submarino a gran profundidad, relacionado con una zona de rift (área de Tepames). El arco volcánico insular genera también potentes espesores de material volcanoclástico que cubren la secuencia anterior; la apariencia de estos depósitos es de toba arenosa o bien de arenisca tobácea, con asociaciones de derrames y piroclastos de composición intermedia, dacitas y latitas.



Campa, 1979; Ferrusquía, 1978, consideran el desarrollo de un arco volcánico insular calcoalcalino en la zona del Pacífico Mexicano, que probablemente inicia a fines del Jurásico, siendo su máximo desarrollo en el Cretácico Inferior y declinación en el Cretácico Superior.

Las secuencias volcanosedimentarias conforman un dominio paleogeográfico interno, en oposición al desarrollo de facies marina de plataforma, representada por caliza, que constituye un dominio paleogeográfico externo, las rocas del dominio interno se correlacionan con el conjunto Zihuatanejo y las rocas del dominio externo con el conjunto plataforma Guerrero-Morelos.

En el Cretácico Inferior ocurre también la entrada a la cuenca de depósito, de clásticos en forma de arcilla y arena, originando la intercalación de lutita y arenisca; a esta etapa siguió un hundimiento de la cuenca de sedimentación, iniciándose el depósito de lodos calcáreos en la plataforma marina; las transgresiones parciales del mar en el área de origen de los clásticos se manifiesta por el aporte de arcilla que se asocia a la caliza, originando la unidad de caliza-lutita de ambiente nerítico; al mismo tiempo en zonas poco profundas cercanas a la costa (medio litoral) se desarrolla la caliza alternada con yeso; en áreas adyacentes dentro del medio litoral se deposita arenisca, que en la actualidad representa una paleocosta.

En el Cretácico Superior, después de un período de calma volcánica, se incrementa la inestabilidad del área, depositándose por oscilaciones en el basamento sedimentos con dominancia clástica: lodos calcáreos, arcillas y arenas, que ocasionan la formación de caliza-lutita y lutita-arenisca, que definen una secuencia flysch. En esta misma época se inició una serie de eventos magmáticos intrusivos de composición calcoalcalina, constituidos por granito con variaciones granodioríticas, tonalíticas y dioríticas, que afectan a las secuencias anteriores, las deforman, fracturan, afallan y mineralizan (batolito Circumpacífico).

El Cenozoico se representa por rocas terciarias y cuaternarias, tanto clásticas continentales como volcánicas. El evento orogénico ocurrido en el Paleoceno corresponde a la fase compresiva Laramide, la cual expone a los sedimentos anteriores a la erosión, depositándose secuencias clásticas continentales constituidas por arenisca-conglomerado, correlacionables con el Grupo Balsas (López, 1983).

Los episodios intrusivos tuvieron migración en tiempo y espacio del Cretácico Superior al Terciario Inferior (Negendank, 1986). También en el Terciario Inferior el vulcanismo se manifiesta de tipo andesítico y las rocas de esta composición se correlacionan con la secuencia volcánica inferior de la Sierra Madre Occidental (Mc Dowell y Clabaught, 1979).

Tras un período de calma volcánica, en el Terciario Superior se reactiva el vulcanismo, dando origen a tobas e ignimbritas de composición riolítico- riodacítica, las que se correlacionan con la secuencia volcánica superior de la Sierra Madre Occidental.

A finales del Terciario nuevamente se erosionan fuertemente las zonas positivas, lo cual provoca el depósito de secuencias clásticas continentales; en esta misma época y hasta el Cuaternario, se verifica la emisión de piroclastos y derrames de composición básica e intermedia, que ocasionan la formación de tobas y brechas volcánicas andesíticas y derrames lávicos basáltico-andesíticos, así como la edificación de volcanes monogenéticos escoriáceos, estratovolcanes y conos cineríticos. También en el Cuaternario se tiene erosión y depósito de material con carácter arenoconglomerático, derivado principalmente de los edificios volcánicos, así como el depósito de suelo, de origen aluvial, litoral, eólico y lacustre.

#### 4.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La región que enmarca al estado de Colima, está afectada por el desarrollo de diversas fases de deformación, cuyos estilos son contrastantes.

En el estado afloran rocas que reflejan su origen dentro de la teoría de arco volcánico insular, como son los casos de la secuencia volcanosedimentaria expuesta en el oeste de la entidad, constituida por la asociación de caliza de estratos masivos-gruesos alternada con derrames andesíticos y material volcanoclástico de composición intermedia, afectados por el emplazamiento de cuerpos intrusivos (batolito, troncos y diques de composición granítica con variaciones granodioríticas y tonalíticas), cuyos afloramientos principales están al oeste del estado.

Otra manifestación de las secuencias de arco volcánico insular, se tiene en el emplazamiento de las intrusiones de granito, granodiorita y tonalita que se localizan en la región de Tepames, que levantan y pliegan al paquete ígneo-sedimentario, caracterizado por rocas monzoníticas, dioríticas y basálticas, asociadas con caliza.

Estos eventos se inician probablemente a fines del Jurásico, siendo su culminación en el Cretácico Inferior y su declinación en el Cretácico Superior.

Los esfuerzos que afectaron a estos dominios produjeron pliegues amplios en las rocas sedimentarias calcáreas (fig. 4.2.1) y en ocasiones en chevrón, fracturamiento y fallamiento en diferentes etapas y sistemas por encontrarse hasta nuestros días en una zona tectónicamente activa de tipo convergente y altamente sísmica (Corona, 1986; Medina, 1985).

Algunos investigadores, Campa, 1981, en áreas similares dentro de la provincia petrológica Sierra Madre del Sur, agrupan a las secuencias de arco volcánico insular como parte de conjuntos denominados tectonoestratigráficos.

Del Cretácico Superior al Paleoceno se depositan sedimentos clásticos, en la actualidad fracturados y afallados en dirección general noroeste-sureste, cuyos afloramientos se localizan principalmente en las porciones central y sureste del estado.

La fase compresiva correspondiente a la orogenia Laramide, deforma las unidades litológicas anteriores y las expone a la erosión, provocando el depósito de los sedimentos clásticos continentales del Grupo Balsas, que afloran en forma restringida en los alrededores de la mina Peña Colorada.

A fines del Terciario Inferior, se producen importantes eventos volcánicos, que dan inicio con la emisión de materiales de composición andesítica, que se aprecian actualmente deformados, afallados, fracturados y alterados; los sistemas de fallas y fracturas tienen rumbo general noroeste-sureste; esta unidad litológica representa también el desarrollo de un arco volcánico de composición calcoalcalina, relacionado con un margen continental convergente (Mc Dowell y Clabaugh, 1979).

Durante el Terciario Superior se verifica la emisión de material piroclástico, tobáceo-ignimbrítico, de composición ácida (riolítica-riodacítica), cuyo origen se atribuye a una zona de rift post-arco andesítico (Demant y Robin, 1975).

Las dos secuencias anteriores representan la prolongación de la provincia petrológica de la Sierra Madre Occidental. Esta fase compresiva produce combamiento en los depósitos correlacionables con el Grupo Balsas y en las tobas, brechas, ignimbritas y derrames de composición ácida e intermedia. El principal afloramiento

de las rocas andesíticas se encuentra en la zona sur del estado, en el cerro Escaltitlán; las rocas volcánicas ácidas están expuestas sobre todo en la porción noroeste del estado, al occidente de la sierra de Manantlán, y cubren parcialmente al batolito granítico.

Durante el Plioceno y hasta el Cuaternario, se llevó a cabo la fase tensional, neotectónica, (Campa et al., 1975), que provoca la emisión de derrames y piroclastos de composición basáltico-andesítico, acompañada de fallas, fisuras y chimeneas volcánicas, de orientación noreste-sureste, que sobrepone a todas las estructuras anteriores. Representan el límite suroccidental de la provincia petrológica Eje Neovolcánico, cuya fragmentación da como resultado al elemento estructural graben de Colima (fig.4.2.2), su origen se relaciona con la subducción de la placa de Cocos debajo de la corteza continental de México (Demant, 1979; Mooser, 1975). Las fallas normales que limitan dicho graben tienen su expresión superficial en el curso de los ríos Armería y El Naranjo.

Las rocas basáltico-andesíticas se exhiben en las zonas norte del estado, al oeste de la sierra de Manantlán; al sureste, al sur de Tepames y en el noreste, conformando el estratovolcán de Colima, cuya altitud máxima alcanza los 4200 m.

En términos generales, la mayor parte de la entidad se extiende sobre una gran plataforma, constituida por rocas cretácicas que sufrieron los efectos del tectonismo: primero, las rocas fueron plegadas y falladas por las fuerzas de compresión que actuaron entre fines del Cretácico y principios del Terciario; posteriormente con los eventos efusivos volcánicos del Terciario Inferior y del Terciario Superior.

A fines del Terciario y principio del Cuaternario, fuerzas tensionales provocan grandes fallas normales, que a su vez dieron lugar a la formación de altos estructurales y fosas, como el caso del graben de Colima.

## Capítulo 5. Hidrología Superficial

En los capítulos anteriores se han analizado los diferentes factores y elementos que intervienen en el marco físico, los cuales permiten abordar el estudio y comportamiento del recurso hídrico superficial en el estado de Colima.

Este capítulo consta de dos partes: En primer término se describe la naturaleza de la red hidrográfica y de los componentes principales del escurrimiento, y en segundo término la forma como se controla, modifica y utiliza este recurso.

El estudio de estas perspectivas hidrológicas está encaminado a proporcionar la información sobre la distribución del agua superficial, la detección de problemas específicos respecto a la dinámica del drenaje, así como la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

### 5.1 ANALISIS DE LAS CONDICIONES HIDROLOGICAS

Por lo señalado anteriormente, el análisis de las características hidrológicas del estado de Colima, parte de su ubicación dentro del marco de la división hidrológica, aprobada por la extinta Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; acorde a esta clasificación, el estado de Colima se encuentra comprendido dentro de las regiones hidrológicas 15 y 16, denominadas Costa de Jalisco y Armería-Coahuayana, respectivamente (fig. 5.1 y tabla IV).

Para el análisis de la disponibilidad del agua se requiere una unidad básica de estudio: «la cuenca».

- La región hidrológica Costa de Jalisco, se divide en tres cuencas: Río Tomatlán-Tecuán, Río San Nicolás-Cuitzmala y Río Chacala-Purificación, siendo parte de esta última en la que se encuentra una porción del estado de Colima. Así mismo, la región hidrológica Armería-Coahuayana contiene dos cuencas: Río Coahuayana y Río Armería, en ambas queda incluido el resto del territorio estatal (fig. 5.2).

En cada cuenca se analizaron las características hidrológicas, la red hidrográfica, las obras hidráulicas más importantes, los registros hidrométricos, el balance hidrológico, la calidad y uso del agua.

Estos estudios nos permitirán finalmente, calcular los volúmenes escurridos anualmente utilizando el método

indirecto a partir de las cartas hidrológicas de aguas superficiales a escala 1:250,000 que contienen unidades de escurrimiento homogéneo en función de su coeficiente, del establecimiento de sus rangos; área de la unidad y la precipitación media anual, así como los volúmenes registrados por medio de las estaciones de aforo instaladas sobre las principales corrientes (fig. 5.3 y tabla v).

El estado de Colima cuenta con tres colectores principales: el río Armería, el río Coahuayana y el río Minatitlán-Marabasco. Los dos últimos constituyen los límites estatales con Michoacán y Jalisco, respectivamente.

La infraestructura hidráulica comprende más de 130 obras donde destacan presas derivadoras y el lago Amela (fig. 5.4), este último almacena aproximadamente 26.5 mm<sup>3</sup> destinados fundamentalmente al riego.

A grandes rasgos, este es el panorama general de la hidrología superficial. Se concluye el capítulo con una serie de recomendaciones encaminadas a mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico en un estado donde la problemática del agua ha sido una constante, debido principalmente a la escasez de infraestructura hidráulica y aunque escurren grandes volúmenes, su distribución en el tiempo es estacional.

### 5.2 GENERALIDADES DE LA REGION HIDROLOGICA 15, COSTA DE JALISCO

La región hidrológica 15, Costa de Jalisco, de la vertiente del Pacífico, se localiza entre los estados de Jalisco y Colima.

Los colectores principales son los ríos: Tomatlán, San Nicolás, Cuitzmala, Purificación y Cihuatlán, los cuales desembocan en el Océano Pacífico y fuera del estado de Colima, excepto el río Cihuatlán que constituye el límite entre Jalisco y Colima.

Esta región presenta tres cuencas llamadas: Río Tomatlán-Tecuán, Río San Nicolás Cuitzmala y Río Chacala-Purificación. Parte de esta última, en el estado de Colima, la cual describiremos a continuación.

#### 5.2.1 Cuenca Río Chacala-Purificación

1.- CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS RELEVANTES. La cuenca Río Chacala-Purificación se localiza al suroeste de la región hidrológica 15, entre los estados de

Jalisco y Colima con un área aproximada de 5 439 km<sup>2</sup>. El área del estado comprendida en la cuenca es de 2 187.94 km<sup>2</sup> aproximadamente, que equivalen al 40.10% de la superficie estatal.

En conjunto, la cuenca presenta numerosos afluentes intermitentes con cauces bien definidos y subcolectores de segundo y tercer orden. La pendiente que presenta es fuerte, dado que el relieve del área está constituido por sierra, siendo la más importante la sierra de Manantlán, que es parteaguas de las regiones hidrológicas 15 y 16. Esta cuenca se divide en tres subcuencas: «laguna Cuyutlán», «Río Chacala» y «Río Purificación», las dos primeras comprenden parte del estado.

Dentro de la subcuenca de Cuyutlán, las corrientes principales son los arroyos: Chandiablo, Punta de Agua, Rancho Viejo, El Zacate y Agua Blanca. Todos ellos nacen en la sierra Perote, cruzan con dirección nortesur y noreste-suroeste e ingresan a la planicie costera. Los tres primeros desembocan en el Océano Pacífico (Bahía de Manzanillo), y los dos últimos en la laguna de Cuyutlán.

La laguna de Cuyutlán se encuentra ubicada en la porción central de la línea costera de la entidad, ocupa una superficie aproximada de 68 km<sup>2</sup> en la subcuenca del mismo nombre; su longitud es de 30 km. en sentido paralelo del litoral y su ancho varía de 0.5 a 3 km. Apesar de las aportaciones de agua dulce, la concentración de sales es similar a la del mar. Con la evaporación se aprovecha para la explotación de salinas.

En esta cuenca los valores de la precipitación media anual oscilan entre 700 y 1500 mm.

## 2.- HIDROLOGIA

El colector principal, dentro de la cuenca, es el río Marabasco también conocido como Minatitlán o Cihuatlán. Este río tiene origen en la sierra de Manantlán a 2400 msnm; su longitud es de 123 km. desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Presenta dirección preferente sur-suroeste y pendiente del 12% en promedio. Sus afluentes principales dentro del estado por la margen izquierda y de norte a sur son: el arroyo Las Truchas, el arroyo Los Chicos y el río San José. Y por la margen derecha (en el estado de Jalisco) se encuentran: el arroyo Chanquehauil, el río Cuzalapa y el arroyo Las Compuertas.

El régimen que presenta es perenne y su volumen medio anual de escurrimiento aforado en la estación hidrométrica «Cihuatlán» fué de 18.46 mm<sup>3</sup> (1962-1969).

## 3.- LOS APROVECHAMIENTOS

Actualmente, en la cuenca no existe aprovechamiento significativo en el estado de Colima de los escurrimientos.

Sin embargo, del río Cihuatlán por medio de la presa «Las Parotas» se derivan 30 mm<sup>3</sup> a la unidad de riego Cihuatlán; por ahora se contemplan los proyectos de la presa El Naranjo y varios acueductos, a fin de almacenar y controlar avenidas para suministrar agua al puerto de Manzanillo y proteger contra las inundaciones a el poblado de Cihuatlán (éste último en Jalisco).

## 4.-HIDROMETRIA

En la cuenca se localizan tres estaciones hidrométricas, denominadas Avila Camacho, Cihuatlán y Cihuatlán II (fig. 5.5).

La estación Avila Camacho, localizada sobre el río Cihuatlán, en el municipio de Manzanillo, registra un volumen medio anual de 448 mm<sup>3</sup> en un área drenada de 8 108 km<sup>2</sup>. El caudal máximo es de 741.8 m<sup>3</sup>/seg. y mínimo de .838 m<sup>3</sup>/seg. La estación «Cihuatlán» se encuentra en el canal derivado del río Cihuatlán, en el municipio de Manzanillo; el volumen medio anual registrado es de 18.46 mm<sup>3</sup>, con gasto medio anual de .585 m<sup>3</sup>/seg. El gasto máximo es de 3.3 m<sup>3</sup>/seg. y el mínimo de 0. El período de observación es de 1962-1969.

La estación «Cihuatlán II» se sitúa en la corriente del río Cihuatlán, en el municipio de Manzanillo. El volumen medio anual es de 899.1 mm<sup>3</sup> y capta el escurrimiento de un área drenada de 2028 km<sup>2</sup>; el gasto medio anual es de 28.51 m<sup>3</sup>/seg., con gasto máximo de 5336 m<sup>3</sup>/seg. y mínimo de .03 m<sup>3</sup>/seg.

## 5.- USO DEL AGUA, CALIDAD Y CONTAMINACION

En la cuenca Chacala-Purificación no hay aprovechamientos importantes, los usos del agua son doméstico, abrevadero y riego.

La delegación de la SEDUE en Colima, actualmente SEDESOL, proporcionó información sobre los principales establecimientos contaminantes del agua, tipos de contaminantes y sitios que contaminan:

En el municipio de Armería la fuente de mayor contaminación del agua es el rastro municipal, que deteriora a la laguna de Cuyutlán, en la cual vierte sólidos, grasas, sangre y excremento:

En el municipio de Manzanillo los focos de contaminación son: la termoeléctrica, PEMEX, Peña Colorada, comercios, hoteles y zonas turísticas. Deterioran cuerpos de agua (laguna de Cuyutlán y zonas litorales); los tipos de contaminantes son sólidos, metales, basura, y sustancias químicas. La contaminación es causa también de azolve y desecación en la laguna Cuyutlán.

En el municipio de Minatitlán el consorcio minero Peña Colorada, contaminaba altamente al vertir sus aguas residuales a las corrientes superficiales, posteriormente la contaminación fué controlada al construirse la presa de Jales.

La Gerencia Estatal de la CNA en Colima, realiza un monitoreo constante para conocer la calidad del agua, su tendencia y su influencia en los usos que se da a las corrientes y cuerpos de agua. Para ello ha establecido una serie de estaciones de monitoreo.

El estado de contaminación del agua se conoce con el cálculo del índice de calidad del agua (I.C.A.), mediante los siguientes rangos: de 0 a 30, altamente contaminada; de 30 a 50, contaminada; de 50 a 70, poco contaminada; de 70 a 85, aceptable y de 85 a 100, excelente. La calidad del agua del río Marabasco o Cihuatlán tiene los siguientes índices:

En la estación aguas arriba del poblado Peña Colorada, se tiene un índice de calidad de 65.82 (poco contaminada); la estación aguas abajo del poblado Peña Colorada el índice es de 72.98 (aceptable); en la estación derivadora Las Parotas el I.C.A. es igual a 58.50 (poco contaminada).

En conclusión, el río Marabasco tiene buena calidad en las 2 estaciones aguas arriba, presentando degradación en la estación derivadora Las Parotas.

No fué posible obtener información sobre el índice de calidad del agua de la laguna de Cuyutlán.

Según la clasificación de Wilcox, en la porción estatal comprendida en esta cuenca, la calidad del agua para riego es  $C_2-S_1$  (aguas de salinidad media y bajas en sodio), principalmente. Y en menor proporción aguas de calidad  $C_1-S_1$  (aguas de salinidad baja y bajas en sodio). En la laguna de Cuyutlán se tiene la peor calidad, las aguas caen en la clasificación  $C_4-S_4$  (muy altamente salinas y muy altas en sodio).

El agua de salinidad media puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales. Así como el agua baja en sodio se usa para el riego de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

## 6.- BALANCE HIDROLOGICO SUPERFICIAL

Se realizó un balance de la porción estatal de Colima y otro del radio de influencia en cada una de las tres cuencas que comprenden dichas porciones del estado.

Dentro de la cuenca R.Chacala-Purificación está enclavada la fracción occidental del estado, cuya extensión es de 2 187.9 km<sup>2</sup> ( fig. 5.6). En está zona se realizó el primer balance hidrológico, aplicando la ecuación:

$$VP=EVTR+VS+VI,$$

donde: VP=volumen precipitado

EVTR=volumen de evapotranspiración real

VS=volumen escurrido

VI=volumen infiltrado

Para calcular el volumen precipitado se utilizó el método de las isoyetas, empleando las cartas hidrológicas de «Aguas Superficiales» a escala 1:250 000, de la Dirección General de Geografía del INEGI, obteniendo el siguiente valor  $VP=2\ 266.6\ \text{mm}^3$ .

Para determinar el volumen evapotranspirado, se utilizaron las isolíneas de evapotranspiración real de las cartas de «Evapotranspiración Real y Déficit de Agua» a escala 1:1 000 000, del propio INEGI. Se obtuvo el siguiente resultado  $EVTR=1\ 731.2\ \text{mm}^3$ .

En el cálculo del volumen escurrido también se emplearon las cartas hidrológicas de «Aguas Superficiales» del INEGI, a escala 1:250 000, de las que se obtuvieron las unidades cuyo coeficiente de escurrimiento en % es homogéneo, las isoyetas medias anuales y las áreas.

Para este cálculo se aplicó la siguiente ecuación:

$$VS=A\ Ce\ Pm, \text{ donde:}$$

VS=volumen escurrido

A=área de la cuenca o porción

Ce=coeficiente de escurrimiento promedio

Pm=precipitación media anual

Se obtuvo la siguiente cifra:  $VS=411.2\ \text{mm}^3$

Despejando el volumen infiltrado de la primera ecuación y sustituyendo los volúmenes calculados se obtuvo:  $VI=124.0\ \text{mm}^3$

Como puede observarse del 100% de agua precipitada, 76.3% se evapotranspira, 18.1% escurre y 5.4% se infiltra; los volúmenes precipitado y evapotranspirado tienen relación directa con el clima predominantemente cálido subhúmedo, donde la temperatura media anual varía de 22° a 26°C y la precipitación total anual de 700 a 1500 mm. La dominancia del escurrimiento sobre la infiltración estriba en que los materiales aflorantes son principalmente granito, rocas volcanoclásticas, suelo

aluvial y lacustre arcillosos en el radio de influencia de la laguna de Cuyutlán, los que poseen permeabilidad baja.

El segundo balance se aplicó en el radio de influencia de la porción estatal que está dentro de la cuenca Chacala-Purificación. Dicho radio de influencia comprende las subcuencas: «Laguna Cuyutlán» y «Río Chacala»; la subcuenca R. Purificación drena hacia el estado de Jalisco.

El área total de la cuenca Chacala-Purificación es de 5 439.0 km<sup>2</sup> y el área de la zona de influencia de la porción estatal es de 3 121.0 km<sup>2</sup>. En esta última área se realizó el balance y se obtuvieron las siguientes cantidades:

Volumen precipitado=3 505.9 mm<sup>3</sup>, volumen evapotranspirado=2 363.6 mm<sup>3</sup>, volumen escurrido=1 029.2 mm<sup>3</sup> y volumen infiltrado=113.0 mm<sup>3</sup>.

Considerando lo anterior, en la porción estatal únicamente se generan 411.2 mm<sup>3</sup> de volumen escurrido, sin embargo en el radio de influencia de esta porción se generan 1 029.2 mm<sup>3</sup> anuales. En la estación hidrométrica «Cihuatlán II» ubicada sobre el río del mismo nombre se aforó un volumen medio anual de 899.1 mm<sup>3</sup>, que difiere un poco del volumen calculado en el radio de influencia de la porción estatal, esto se explica debido a que se han construido obras de almacenamiento, aguas arriba, que reducen el volumen escurrido.

### **5.3 GENERALIDADES DE LA REGION HIDROLOGICA 16, ARMERIA-COAHUAYANA**

Esta región está constituida por cuencas drenadas por los ríos Armería y Tuxpan o Coahuayana, ocupando la mayor parte del área del estado de Colima, las corrientes mencionadas se originan en el estado de Jalisco y tienen mayor aportación en Colima. La región hidrológica ocupa 17 859.0 km<sup>2</sup> de superficie, de los cuales 3 267.12 km<sup>2</sup> están en el estado de Colima. La región comprende las porciones norte, noroeste y sureste de la entidad, la cual abarca parte de las dos cuencas.

#### **5.3.1 Cuenca Río Coahuayana**

1.- CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS RELEVANTES  
La cuenca Río Coahuayana se localiza al suroeste de la región hidrológica 16, entre los estados de Jalisco, Michoacán y Colima en una área aproximada de 7 957.0 km<sup>2</sup>.

El área comprendida dentro del estado de Colima se localiza al suroeste de la cuenca y tiene como superficie total 1 057.96 km<sup>2</sup>. un 19.39% del área total del estado.

## **2.- HIDROLOGIA**

El río Coahuayana, colector principal, se origina por la unión de varios arroyos en la sierra Del Tigre a 2,530 msnm (en Jalisco); el curso del río es sur-suroeste cuya longitud es de 152 km. hasta desembocar en el Océano Pacífico. Se le llama río Tamazula y río Tuxpan en Jalisco; a partir de las inmediaciones de la estación Tonilita, se le llama el río Naranja y representa el límite entre el estado de Colima y el estado de Jalisco; casi el final, entre su confluencia con el río Salado hasta su desembocadura, se llama Coahuayana y constituye el límite entre las entidades de Colima y Michoacán.

Sus afluentes son: por la margen derecha el río Salado; y por la margen izquierda, el río Barreras. El escurrimiento medio anual, registrado en la estación hidrométrica «Callejones» fué de 1 841.5 mm<sup>3</sup> (1949-1969).

El lago Amela, localizado en el borde superior de la planicie costera de la cuenca del Coahuayana, tiene una extensión superficial de 12 km<sup>2</sup>; se alimenta de escurrimientos superficiales, descarga subterránea de los macizos calcáreos adyacentes y, artificialmente, por el río Coahuayana. El lago Alcuzahue, de 3 km<sup>2</sup> de superficie, tiene capacidad de almacenamiento muy reducida y recibe aportaciones naturales de origen similar al de Amela.

## **3.- APROVECHAMIENTOS**

En la información tomada de la CNA (Sinópsis Geohidrológica del Estado de Colima, 1987), se proporcionan los siguientes datos: del río Coahuayana se utilizan en Colima 104 mm<sup>3</sup> con propósitos agrícolas; el área beneficiada es de 6 200 ha. en el distrito de riego Tecomán (zona Coahuayana); mediante un canal que alimenta al lago Amela se derivan también 82 mm<sup>3</sup>, a partir del cual se distribuyen para beneficiar 4 800 ha.

Los 22 mm<sup>3</sup> restantes, se captan mediante otra toma, situada aguas abajo de la anterior para rega 1 400 ha.

El lago Alcuzahue, con capacidad aproximada de 9 mm<sup>3</sup>, se emplea con fines ecológicos y para desarrollos de acuicultura.

En la corriente del Coahuayana se construyó la presa derivadora «Callejones» y están en proceso de construcción otras obras de almacenamiento con la finalidad de aprovechar los caudales que actualmente se vierten en el océano.

## **4.- HIDROMETRIA**

La cuenca Coahuayana tiene cuatro estaciones hidrométricas (fig. 5.7): la estación Callejones, su corriente principal es el río Coahuayana y pertenece al municipio de Tecomán; registra un volumen medio

anual de 1841.5 mm<sup>3</sup>. y un gasto medio anual de 58.36 m<sup>3</sup>/seg.

En el transcurso de 20 años de observaciones se obtiene información hidrométrica respecto a una área de 6 835 km<sup>2</sup>.

La segunda estación hidrométrica, Callejones II, pertenece al mismo municipio y carece de información referente al volumen medio anual. La estación se localiza sobre el río Coahuayana y registra gasto máximo de 9.9 m<sup>3</sup>/seg. y gasto mínimo de cero.

Otra estación, denominada también «Callejones» ubicada en el municipio Tecomán, se ubica en el canal que se deriva del río Coahuayana e irriga el módulo Tecuanillo. Carece de datos hidrométricos.

La cuarta estación hidrométrica, Las Conchas, pertenece al municipio de Ixtlahuacán. Su corriente principal es el río Coahuayana. Capta una área de 6092 km<sup>2</sup> y registra un gasto máximo de 30.8 m<sup>3</sup>/seg. y un gasto mínimo de 5.52 m<sup>3</sup>/seg.; no se reporta ningún período de tiempo.

#### 5.-USO DEL AGUA, CALIDAD Y CONTAMINACION

En la cuenca R.Coahuayana, en el aprovechamiento primordial que se le da a las aguas superficiales es con fines de riego, y entre los usos secundarios se tiene el doméstico, acuícola y pecuario. El agua es baja en sólidos totales disueltos y su calidad química es aceptable. La Delegación Estatal de la SEDUE proporcionó la siguiente información municipal respecto a las fuentes de contaminación del agua:

En el municipio de Cuauhtémoc, el ingenio «Quesería» descarga sobre corrientes superficiales sus aguas de desecho; lo mismo hacen peleterías y giros comerciales.

En el municipio de Ixtlahuacán, la fuente principal es la población en general, pues vierte en los cuerpos de agua y corrientes (afluentes del Coahuayana), grasas, detergentes y organismos.

En el municipio de Tecomán, deterioran los cuerpos de agua y corrientes, las agroindustrias mediante productos químicos y sólidos; así mismo las industrias cítricas por medio de sólidos metales y sustancias químicas.

En el río Naranjo o Coahuayana, las condiciones de calidad son las siguientes: la estación «Puente Naranjo» presenta características de calidad con poca contaminación (I.C.A.= 54.0); y en la estación derivadora Callejones, se conserva la calidad aunque se va reduciendo paulatinamente (I.C.A.= 69.26).

Por lo tanto la calidad del agua del río Naranjo está poco contaminada, desde la parte de arriba (estación Puente Naranjo) hasta la derivadora Callejones.

Únicamente nos fue proporcionada información sobre los índices de calidad de esta corriente, desconocemos la calidad de los cuerpos de agua.

En la fracción territorial del estado en esta cuenca, la calidad del agua para riego dominante es la C<sub>1</sub>-S<sub>1</sub> (aguas bajas en salinidad y bajas en sodio) y en menor proporción C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> (aguas medianamente salinas y bajas en sodio) y la C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> (aguas altamente salinas y bajas en sodio).

El agua de baja salinidad puede usarse para riego a mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero este se logra en condiciones de riego normales, excepto en suelos de muy baja permeabilidad. Así el agua baja en sodio se usa para el riego de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

#### 6.-BALANCE HIDROLOGICO SUPERFICIAL

Se llevó al cabo el balance de la porción oriental del estado, comprendida en la cuenca R. Coahuayana y el balance en el radio de influencia de dicha porción estatal (fig. 5.8), el cual comprende en su totalidad a la cuenca R.Coahuayana, con la finalidad de conocer los volúmenes escurridos disponibles, tanto los generados en la superficie estatal como los generados en su zona de influencia.

El primer balance, de la porción oriental del estado, nos indica los siguientes resultados: área de la porción estatal = 1057.9 km<sup>2</sup>, volumen precipitado = 959.2 mm<sup>3</sup>, volumen evapotranspirado = 845.6 mm<sup>3</sup>, volumen escurrido = 97.0 mm<sup>3</sup> y el volumen infiltrado = 16.5 mm<sup>3</sup>.

Se aprecia que del 100% de agua precipitada, el 88.1% se evapotranspira, el 1.72% se infiltra y el 10.11% escurre. Los volúmenes de agua precipitados y evapotranspirados se explican debido a la dominancia del clima cálido subhúmedo, la temperatura media anual va de 14° a 26°C y la precipitación total anual de 700 a 1200 mm.

Las cantidades superiores de los volúmenes escurridos respecto a los infiltrados, son el reflejo de la dominancia de la permeabilidad baja de los materiales de mayor exposición, como son: andesita, toba intermedia-brecha volcánica intermedia, conglomerado, arenisca-conglomerado, caliza, caliza-lutita, suelo aluvial de granulometría variable entre fina y gruesa, monzonita

y diorita. Influyen también las pendientes abruptas de esta zona.

El balance en toda la superficie de la cuenca R.Coahuayana (7 957 km<sup>2</sup>), es el siguiente: volumen precipitado=8 224.1 mm<sup>3</sup>, volumen evapotranspirado=5 815.5 mm<sup>3</sup>, volumen escurrido=1 661.3 mm<sup>3</sup> y volumen infiltrado=747.3 mm<sup>3</sup>.

En la porción oriental del estado solamente se generan 97.0 mm<sup>3</sup> y el volumen que drena sobre el límite estatal es de 1 661.3 mm<sup>3</sup>; esto se debe a la extensión de la cuenca.

En la estación hidrométrica «Callejones» se aforo en el período 1949-1969 un volumen medio anual de 1 841.5 mm<sup>3</sup>, aunque en el sitio donde se ubica esta estación, no se capta la totalidad del agua escurrida en dicha cuenca.

### 5.3.2 Cuenca Río Armería

#### 1.-CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS RELEVANTES

La cuenca del río Armería se localiza al suroeste de la región hidrológica 16, ocupa una superficie de 9 902.0 km<sup>2</sup>; comprende parte del los estados de Jalisco y Colima.

El área comprendida dentro del estado de Colima se localiza al sur de la cuenca y tiene como superficie total 2 209.16 km<sup>2</sup> o sea, 40.49% del territorio colimense.

#### 2.- HIDROLOGIA

La corriente principal dentro de esta cuenca, es el río Armería, el cual, nace en la sierra de Cacoma (estado de Jalisco) a 1,800 m.s.n.m. y por la unión de tres ríos que son: el río Tuxcacuesco o El Capula, Jalapa o San Juan y El Ayuquila o Sacalapa; recorre un trayecto de 294 km. aproximadamente, desde su nacimiento hasta desembocar en Boca de Pascuales, en el Océano Pacífico.

Sus afluentes son: por la margen derecha el río San Palmar, y los arroyos Agua Zarca, Chino y Charco Verde. Por la margen izquierda los ríos San Antonio de la Lumbre, Comala y Colima.

El régimen de escurrimiento del río Armería tiene variaciones en su curso. Entre las estaciones hidrométricas Peñitas y Jala, es intermitente, a pesar de los aportes del manantial Nahualapa.

De la estación Jala y aguas abajo, es permanente porque retornan los excedentes y descargas de varios tributarios como son: el río Colima que recibe la descarga del manantial Los Amiales; el arroyo El Chino con un caudal de 2 m<sup>3</sup>/seg; el arroyo Charco Verde aporta un caudal medio de 1 m<sup>3</sup>/seg. Además, aguas abajo de la estación Colimán recibe descargas del acuífero y retornos de riego.

### 3.-APROVECHAMIENTOS

La presa «Las Piedras» cuyo nombre oficial es Basilio Vadillo, localizada en el municipio de Ejutla, Jalisco, sobre el río San Juan, formador del Tuxcacuesco, y éste a su vez afluente del Armería, tiene capacidad total de 182.1 mm<sup>3</sup>. Da riego a 30, 000 ha., de las cuales 2 800 corresponden a Jalisco y 27 200 al estado de Colima.

Esta obra regula los escurrimientos del río Armería, que son conducidos por su cauce hasta Colima, donde se derivan por medio de pequeñas presas a varias unidades de riego.

La más importante en esta cuenca, dentro del estado de Colima, es la presa derivadora Peñitas, que beneficia la unidad de riego del mismo nombre.

En la porción sur de la cuenca, aguas abajo de la anterior, se construyó la presa derivadora «Jala que beneficia al distrito de riego de Tecomán (zona Tecuanillo).

Así mismo, en el estado de Jalisco se construyó la presa «Trigo Mil» cuyo nombre oficial es Ramón Corona Madrigal. Se localiza en el municipio de Unión de Tula, Jal. sobre la corriente del río Ayutla; tiene capacidad total 324 mm<sup>3</sup> y capacidad de conservación de 250 mm<sup>3</sup>. Con esta obra se benefician 8 636 ha. nuevas de riego y se mejoran 9 389 ha., en Jalisco. En Colima se tiene en proyecto aprovechar parte del agua de esta presa para sustituir el caudal aproximado de 1 m<sup>3</sup>/seg. que anteriormente proporcionaba el manantial Zacualpan para riego y que actualmente se traslada a la ciudad de Colima mediante un acueducto.

#### 4.- HIDROMETRIA

Esta cuenca cuenta con ocho estaciones hidrométricas, aunque no de todas se tienen datos (fig. 5.9).

La primera es «Peñitas» ubicada en la corriente del Armería, pertenece al municipio de Villa de Alvarez que registra un volumen medio anual de 918.1 mm<sup>3</sup>, con un gasto máximo de 3100 m<sup>3</sup>/seg. y mínimo de 1.788 m<sup>3</sup>/seg. En el transcurso de ocho años de observaciones (1955-1963), se calculó un gasto medio anual de 29.11 m<sup>3</sup>/seg.

La estación Peñitas II, localizada en el municipio de Comala, en el canal derivado del río Armería, registra un volumen medio anual de 325 mm<sup>3</sup>, el gasto máximo es de 28.9 m<sup>3</sup>/seg. y mínimo de .08 m<sup>3</sup>/seg.

La estación Madrid, situada en la corriente Cuastecomán, pertenece al municipio de Tecomán y registra un volumen medio anual de 20 mm<sup>3</sup>; el gasto máximo es de 1.46 m<sup>3</sup>/seg. y el gasto mínimo de 0.

La estación Jala II, se encuentra en la corriente Tecuanillo en el municipio de Coquimatlán, registrando



un volumen medio anual de 15 mm<sup>3</sup>. El gasto máximo es de 1.69 m<sup>3</sup>/seg. y mínimo de .2 m<sup>3</sup>/seg.

La estación Jala se localiza en la corriente Armería, en el municipio de Tecomán; el volumen medio anual que registra es de 416 mm<sup>3</sup> con un gasto máximo de 22.42 m<sup>3</sup>/seg. y mínimo de 9.84 m<sup>3</sup>/seg.

La estación Colimán II se encuentra en la corriente del río Armería, en el municipio de Armería, capta un área drenada de 9744 km<sup>2</sup>; el volumen medio anual es de 656 mm<sup>3</sup>, con gasto máximo de 22 m<sup>3</sup>/seg. y mínimo de 1.60 m<sup>3</sup>/seg.

La estación Colimán se ubica en el canal derivado del río Armería, en el municipio de Armería, con volumen medio anual registrado de 22 mm<sup>3</sup>; su gasto máximo es de 8.62 m<sup>3</sup>/seg. y mínimo de .145 m<sup>3</sup>/seg.

La estación Paso del Río esta en la corriente Periquillos en el municipio de Tecomán; capta el escurrimiento de un área drenada de 142 km<sup>2</sup>; el volumen medio anual registrado es de 17.14 mm<sup>3</sup>, con gasto medio anual de .542 m<sup>3</sup>/seg; el gasto máximo es de .8 m<sup>3</sup>/seg. y el mínimo de .05 m<sup>3</sup>/seg. El período de observación fué únicamente el año de 1936.

**5.- USO DEL AGUA, CALIDAD Y CONTAMINACION**  
El mayor aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales se lleva a cabo en la cuenca R.Armería.

Dentro de la misma, los usos primordiales son el riego, doméstico y pecuario.

La información proporcionada por la Delegación Estatal de la SEDUE indica que en el municipio de Colima, la procesadora municipal de crane deteriora cuerpos de agua y corrientes, siendo los principales contaminantes: aguas residuales, sólidos, grasas y sangre. La «Coca Cola» contamina al río Colima por medio de sustancias químicas y la «Pepsi Cola» contamina al arroyo Tecolotero, por medio de sustancias químicas y aguas residuales.

Diferentes giros comerciales y pequeños talleres de la zona centro de la ciudad de Colima, producen sólidos, detergentes, microorganismos y polvos fugitivos.

En el municipio de Comala las fuentes contaminantes son la «Beneficiadora de Café» que produce baja contaminación con sus aguas residuales y la población en general que afecta los cuerpos de agua y corrientes con detergentes, grasas, sólidos y microorganismos.

En el municipio de Coquimatlán la industria minera «Las Encinas» descarga en las corrientes metales sólidos y sustancias químicas.

En el municipio de Villa de Alvarez la contaminación

se desarrolla con aguas residuales provenientes de rastros y peleterías.

La Gerencia Estatal de la CNA ha monitoreado a lo largo del río Armería los siguientes índices de calidad:

En la estación «Peñitas» se tiene un índice de calidad del agua (I.C.A.) de 65.93 poco contaminada; en la estación «Punte Pueblo Juárez» (I.C.A.) es de 48.66 agua contaminada; la estación derivadora «Jala» muestra características de poca contaminación (I.C.A. =61.45); la estación «Puente Periquillos» tiene un I.C.A. de 57.93 (poca contaminación).

En resumen, excluyendo a la estación Puente Pueblo Juárez donde se degrada más la calidad del agua.

En la porción del estado comprendida en la cuenca Río Armería, la calidad del agua para riego es la C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> (aguas altamente salinas y bajas en sodio) y en menor cantidad C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> (aguas de salinidad media y bajas en sodio).

Las aguas altamente salinas no pueden usarse en suelos cuyo drenaje es deficiente. Aun con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a sales. Siendo agua baja en sodio puede usarse para el riego de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. Pueden ser perjudiciales a cultivos sensibles como frutales y aguacates, que pueden acumular cantidades excesivas de sodio.

## 6.-BALANCE HIDROLOGICO SUPERFICIAL

En la porción territorial de Colima, correspondiente a la cuenca R. Armería, se verificó un balance hidrológico; así mismo en la totalidad de la cuenca R. Armería se realizó un segundo balance, con el objeto de comparar la disponibilidad de los volúmenes escurridos en estas dos áreas (fig. 5.10).

El balance de la superficie estatal (2 209.1 km<sup>2</sup>), es el siguiente: el volumen precipitado= 2 137.0 mm<sup>3</sup>, volumen evapotranspirado= 1 644.5 mm<sup>3</sup>, volumen infiltrado= 272.8 mm<sup>3</sup> y volumen escurrido= 219.5 mm<sup>3</sup>. Del análisis de estas cifras se aprecia que del 100% de agua precipitada, 76.9% se evapotranspira, el 12.7% se infiltra y el 10.2% escurre.

El volumen precipitado y los altos índices de evapotranspiración se explican dado que los climas prevalecientes son el cálido subhúmedo y el semiseco muy cálido; la similitud entre el volumen infiltrado y el escurrido se debe a que el área de los materiales aflorantes con permeabilidad alta es más o menos igual al área de los materiales aflorantes de permeabilidad baja, además en el aspecto topográfico se tienen zonas

abruptas, zonas planas y de lomeríos. Los principales materiales expuestos en estas zonas son: caliza, conglomerado, andesita, toba intermedia-brecha volcánica intermedia, granito, riodacita, arenisca-conglomerado, rocas volcanoclásticas y suelo aluvial de granulometría variable.

El balance de toda la cuenca R.Armería (9 902.0 km<sup>2</sup>) es el siguiente: volumen precipitado=9 482.3 mm<sup>3</sup>, volumen evapotranspirado=7 044.0 mm<sup>3</sup>, volumen escurrido =1 258.5 mm<sup>3</sup> y volumen infiltrado=1 179.6 mm<sup>3</sup>.

El volumen escurrido generado en la superficie estatal es de 219.5 mm<sup>3</sup> y el volumen escurrido en el radio de influencia de dicha porción estatal (cuenca R.Armería) es de 1 258.5 mm<sup>3</sup>. En el norte del estado, sobre el río Armería, en la estación hidrométrica «Peñitas» se aforó un volumen medio anual de 918.1 mm<sup>3</sup>, durante el período 1955-1963; en el sur del estado sobre el mismo río, en la estación «Colimán II» se aforó un volumen medio anual de 656.0 mm<sup>3</sup>; sobre el río Armería cerca de la desembocadura en el Océano Pacífico, en la estación hidrométrica «Paso del Río» se midió un gasto de 17.14 mm<sup>3</sup>. Las diferencias en los caudales de las tres estaciones hidrométricas se debe primordialmente a las diferentes áreas drenadas y a la alteración del escurrimiento mediante obras de captación, aguas arriba, dentro y fuera del estado.

#### **5.4 EL ESCURRIMIENTO EN EL ESTADO DE COLIMA**

El estado de Colima, comprendido en las regiones hidrológicas 15 y 16 denominadas Costa de Jalisco y Armería-Coahuayana, posee una red hidrográfica estatal en la que destacan los ríos Cihuatlán, Armería y Coahuayana.

Controlar los escurrimientos aprovechables ha sido preocupación permanente de los habitantes del estado. Por ello se cuenta con información hidrométrica que se registra de 1959 hasta 1990. Dicha información, es producto de la recopilación y observación periódica realizada por la Comisión Nacional del Agua, a través de sus gerencias regionales.

Cabe señalar no de todas las estaciones se cuenta con información completa.

##### **5.4.1 El calculo del escurrimiento: metodologia**

Para evaluar y determinar los volúmenes de escurrimiento, en las distintas cuencas de la entidad, es necesario recurrir a información hidrométrica directa, de las corrientes principales en sus estaciones de aforo. Así, los métodos directo e indirecto se aplican en forma combinada para obtener resultados que puedan ser comparados y poder determinar el volumen escurrido en las cuencas.

El método indirecto interrelaciona cualitativamente a los elementos que intervienen en el ciclo hidrológico superficial, tales como: la permeabilidad de suelos y rocas, la densidad de cobertura vegetal, la precipitación media anual y los valores de las pendientes topográficas; logrando delimitar las llamadas unidades de escurrimiento superficial de la precipitación media anual. (fig. 5.11 y tablas VI Y VII) que se representan porcentualmente y se agrupan en intervalos de 0-5, 5-10 y 10-20.

La metodología empleada en las cartas hidrológicas de Aguas Superficiales, 1: 250,000 del INEGI, se aplica en estos casos con el fin de determinar el volumen escurrido en las distintas áreas. Dicha metodología fue propuesta por el Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural. El método se basa en la interacción de la información mencionada para obtener de manera no matemática el coeficiente de escurrimiento.

##### **5.4.2 Los Factores: Permeabilidad, Precipitación y Uso del Suelo**

###### **1.-LA PERMEABILIDAD**

Es un factor fundamental en el comportamiento del escurrimiento; con base en el análisis de las características físico-químicas de las rocas y suelos, se clasifican según su capacidad de infiltración, en tres rangos de permeabilidad: alta, media, y baja.

La permeabilidad baja: se registra en las unidades litológicas correspondientes a las rocas graníticas generalmente compactadas, cuya distribución es amplia, se encuentran asociadas a materiales volcanosedimentarios, ambos predominan en la parte oeste del estado; del mismo tipo se consideran la riodacita y andesita de textura afanítica y fracturamiento escaso, localizadas en la parte norte. A lo largo de la zona costera del estado, se encuentran los suelos lacustres en la zona de Cuyutlán y en el lago Amela, en los que domina la arcilla.

La permeabilidad media: las unidades litológicas toba intermedia brecha volcánica intermedia se encuentran en la parte alta del volcán de Colima, se distribuyen escasamente junto con la arenisca-conglomerado de edad cretácica en el estado. Estas rocas se encuentran intensamente fracturadas y la unidad de arenisca-conglomerado semi-compactada y pobremente cementada.

De permeabilidad alta: se encuentran las rocas calizas del Cretácico Inferior correspondientes a la Formación Morelos distribuidas en casi todo el estado; en las laderas del volcán afloran los conglomerados con dominancia en la parte este del estado. La caliza es altamente permeable debido a la disolución, muestra abundantes formas cársticas como son: grutas, dolinas

y superficies de lapiaz; los conglomerados son de edades Terciario superior y Cuaternario, prácticamente inconsolidados y sin cementar.

Los suelos aluviales que rellenan los principales valles y planicies son de permeabilidad variable entre alta y media, con predominio de la primera debido a que las partículas que los constituyen son principalmente del tamaño de la arena y de la grava.

## 2.- LA PRECIPITACION

Factor de gran interés en los procesos de escurrimiento, pues de la intensidad, frecuencia y distribución de las precipitaciones dependen tanto la rapidez de saturación del suelo como el subsecuente inicio del escurrimiento.

Perteneciente a un régimen de verano, la distribución anual de las precipitaciones en las cuencas exorréicas: Río Chacala-Purificación, Río Armería y Río Coahuayana, permite considerar la incidencia de la concentración estival en cuanto a las avenidas, así como el impacto de los periodos con déficit de agua. La observación y el análisis de la distribución espacial de los promedios de temperatura y precipitación, hace posible reflexionar respecto a la importancia hidrológica de la evapotranspiración real, como registro de la pérdida de agua.

## 3.- USO DEL SUELO Y VEGETACION

La densidad con que la vegetación se desarrolla sobre el suelo, influye directamente en el volumen del escurrimiento, generado como factor catalizador de éste al propiciar la infiltración. En el estado de Colima el tapiz vegetal varía de acuerdo con su altitud. Esta diversidad se divide como sigue: los bosques de encino-pino se distribuyen en áreas en el norte del estado (volcán de Colima y valles cercanos a Minatitlán), con una altitud mayor a los 2000 msnm y se consideran dentro del grupo correspondiente a la densidad alta, por las características de las especies dominantes y por el número de individuos por km<sup>2</sup>.

Las áreas donde se distribuye la cobertura vegetal que corresponden a la Selva Baja Caducifolia presentan también densidad alta y se localizan en las zonas costeras y en el centro de la entidad.

Además, la vegetación de Manglar, con densidad alta se encuentra distribuida a nivel del mar en las costas limítrofes con el estado de Jalisco.

En la costa también se localiza la vegetación de palmar en zonas cercanas a los poblados de Manzanillo, Cuyutlán y costa sur del estado.

Con densidad media se clasificó a la Selva Baja Espinosa, distribuida en una área al suroeste de

Coquimatlán y en la zona sur, cercana al lago Amela, con altitud promedio de 20 msnm.

La densidad de cobertura vegetal baja, se registra en áreas escasas de pastizal inducido, que se localizan en las márgenes del río El Naranjo, en el norte del estado, cuya altitud es de 500 msnm.

Por último, la agricultura de riego y de temporal se practica intensa y predominantemente en la superficie estatal de Colima. De esta forma, se incrementa la deforestación y como consecuencia, también lo hace la erosión, cuyo destino de los sedimentos son los valles o costas locales.

## 4.- UN FACTOR RESTRICTIVO DEL USO DEL SUELO

La erosión Los procesos de alteración tanto de la vegetación como de otros elementos naturales en el estado, provocan en gran parte al grado de erosión del suelo. La práctica deforestadora es causa del efecto transformador del paisaje y de las alteraciones en las comunidades bióticas; esto se debe a la proliferación de áreas agrícolas.

También el análisis morfológico es de gran importancia, ya que de él se obtienen conclusiones respecto a la erosión fluvial. El comportamiento hidrometeorológico, de tipo tropical en el estado, pone de manifiesto la importancia del régimen de lluvias, su distribución y naturaleza; la concentración del 87% de la precipitación total anual en sólo cinco meses y el hecho de que la distribución de las tormentas se descarga en estructuras continentales de considerable altitud, como son: volcán de Colima, cerro Grande y sierra Perote, propicia una dinámica hídrica de corrientes con arrastre moderado de sedimentos, con dirección tendiente a las costas del Océano Pacífico. Ello permite detectar niveles diferentes de erosión, productos de algunos cambios en los distintos paisajes: formación de meandros y de deltas, resultado del río Armería, con riesgos de inundación en algunas áreas durante la temporada de lluvias; el azolvamiento en el cauce del río Cihuatlán ocasiona pérdidas en los cultivos de la región.

Es evidente el impacto gradual en los suelos desprovistos de cubierta vegetal, por ende, se recomienda la práctica mixta forestal-agrícola; así como disminuir la práctica pecuaria en áreas con topografía abrupta y gran densidad vegetal, y solo aprovechar los distintos valles del estado para desarrollar esta actividad causando, en gran medida, de la compactación y erosión posterior del suelo.

Entre las áreas que presentan erosión, se identifican algunas en el oeste de la entidad, como: en la ribera del arroyo Agua Blanca, a la altura del poblado de Venustiano Carranza; en las laderas del cerro Ocote; y en la zona sur de las faldas de la sierra Perote.

### 5.4.3 El Coeficiente y las Unidades de Esgurrimento

Fundamentalmente la relación de los siguientes factores: precipitación media anual, permeabilidad, uso del suelo y topografía se emplearon en la metodología para calcular el coeficiente de escurrimento promedio, por zonas, y posteriormente calcular el volúmen de escurrimento, con base en las cartas hidrológicas de Aguas Superficiales 1:250 000, que elabora la Dirección General de Geografía del INEGI, y que muestran unidades con rangos de escurrimento en porciento.

## 5.5 EL USO DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL ESTADO

El volumen medio anual utilizado, en forma global en el estado es de 864.0 mm<sup>3</sup>, repartidos en los siguientes usos: 95% para el agrícola, 1.5% para el domésticos, 1.5% para el pecuario, 0.5% para el industrial, 1.0% para el acuícola y 0.5% para el florícola y otros. En la tabla VIII se muestran los usos, volúmenes medios anuales y gastos promedios.

## 5.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.6.1 Conclusiones

La evaluación del recurso hídrico superficial en el estado de Colima, nos permitió llegar a las siguientes conclusiones:

1a. En el estado de Colima se registran abundantes precipitaciones pluviales, de régimen estacional, que incrementan en gran medida el caudal de las corrientes superficiales en la época de verano.

2a. El estado de Colima se localiza en las regiones hidrológicas 15, Costa de Jalisco y 16 Armería-Coahuayana.

3a. La región hidrológica 15, se divide en 3 cuencas: Río Tomatlán-Tecuán, Río San Nicolás-Cuitzmala y Río Chacala-Purificación. La última comprende la porción occidental del estado, aproximadamente el 40.10% de su superficie.

4a. La región hidrológica 16, se divide en 2 cuencas: Río Coahuayana y Río Armería, ambas incluyen el resto de la superficie estatal.

5a. La corriente de mayor importancia para el estado es el río Armería, que drena junto con sus afluentes la porción central. Este río es el colector principal de la cuenca del río Armería.

6a. Otros colectores de gran importancia son los ríos Marabasco y Coahuayana, que constituyen los límites estatales con Jalisco y Michoacán, respectivamente.

El río Marabasco es el colector principal de la cuenca R. Chacala-Purificación y el río Coahuayana el de la cuenca R. Coahuayana.

7a. Actualmente no existe aprovechamiento significativo de los escurrimentos de la cuenca Chacala-Purificación en Colima.

Del río Marabasco se derivan 30 mm<sup>3</sup> a la unidad de riego Cihuatlán por medio de la presa Las Parotas, los cuales se aprovechan en Jalisco.

8a. En la porción estatal (según el balance realizado) comprendida en la cuenca Chacala-Purificación se generan 411.2 mm<sup>3</sup> anuales de escurrimento; en la porción de la cuenca con influencia en el estado se generan 1029.2 mm<sup>3</sup>.

En la estación Cihuatlán II el volúmen medio anual aforado fué de 899.1 mm<sup>3</sup>.

9a. La población, establecimientos, comercios y hoteles de los municipios de Manzanillo y Armería contaminan las aguas de la laguna de Cuyutlán y zonas litorales.

10a. El río Marabasco presenta degradación de la calidad del agua en la estación derivadora «Las Parotas».

11a. La fracción del estado comprendida en la cuenca Coahuayana representa el 19.39% de su superficie.

12a. Además del río Coahuayana, el rasgo hidrográfico importante que muestra la cuenca Río Coahuayana son los lagos Amela y Alcuahue.

13a. Del río Coahuayana se utilizan en Colima 104 mm<sup>3</sup> para uso agrícola que benefician 6200 ha. mediante un canal que alimenta al lago Amela se derivan 82 mm<sup>3</sup> que benefician 4800 ha; los 22 mm<sup>3</sup> restantes, se captan en otra toma situada aguas abajo de la anterior y benefician 1400 ha.

14a. La capacidad de almacenamiento del lago Amela es de 26.5 mm<sup>3</sup> destinados al riego y la capacidad del lago Alcuahue es de aproximadamente 9 mm<sup>3</sup> que se emplean con fines ecológicos para desarrollos de acuicultura.

15a. En la corriente del río Coahuayana se construyó la presa derivadora Callejones y están en proceso de construcción otras obras de almacenamiento.

16a. El volumen escurrido medio anual de la porción estatal comprendida en la cuenca Coahuayana es solamente de 97 mm<sup>3</sup>; el volúmen que se genera en toda la cuenca es de 1661.3 mm<sup>3</sup>.

En la estación hidrométrica Callejones se aforó un volúmen medio anual de 1881.5 mm<sup>3</sup> (1949-1969).

17a. La contaminación del agua del río Coahuayana es baja (según el monitoreo que realiza la CNA) desde

la estación Puente Naranja hasta la derivadora Callejones.

18a. Las fuentes contaminantes del río Coahuayana son ingenios, agroindustrias, industrias cítricas, giros comerciales y la población en general.

19a. El área de la superficie estatal comprendida en la cuenca Río Armería, representa el 40.49% del territorio colimense.

20a. El principal rasgo hidrográfico del estado, dentro de la cuenca Río Armería, es precisamente el río Armería.

21a. El volumen medio anual escurrido, generado en la superficie estatal, dentro de la cuenca Río Armería, es de 217.5 mm<sup>3</sup>, el volumen de escurrimiento generado en la totalidad de la cuenca es de 1258.5 mm<sup>3</sup>.

En la estación hidrométrica «Colimán II» se aforó un volumen medio anual de 656 mm<sup>3</sup> sobre el río Armería, cercano la desembocadura en el Océano Pacífico. En esta cuenca se han reducido considerablemente los escurrimientos debido a que aguas arriba, en el estado de Jalisco se han construido grandes obras de almacenamiento.

22a. El principal aprovechamiento de la presa «Las Piedras», localizada en el estado de Jalisco, se verifica en el estado de Colima, en la cuenca Río Armería; dicha obra beneficia 30 000 ha., de las cuales 2 800 ha corresponden a Jalisco y 27 200 ha. a Colima.

La capacidad total de la presa es de 182.1 mm<sup>3</sup>; los caudales son conducidos a Colima donde se derivan por medio de pequeñas presas.

23a. La presa más importante de la cuenca Río Armería, dentro del estado, es la presa Peñitas que beneficia la unidad de riego del mismo nombre.

24a. Aguas abajo de la presa Peñitas se construyó la presa derivadora «Jala» que beneficia al distrito de riego Tecomán (zona Tecuanillo).

25a. Se tiene en proyecto aprovechar los excedentes de la presa «Trigo Mil», situada en Jalisco para sustituir en Colima el caudal aproximado de 1 m<sup>3</sup>/seg. que el manantial «Zacualpan» proporcionaba al río Armería, el cual se empleaba con fines agrícola. El agua de este manantial actualmente se conduce a la ciudad de Colima por medio de un acueducto.

26a. El monitoreo de la calidad del agua que realiza la CNA en el río Armería determinó que la calidad es regular, excepto en la estación Puente Pueblo Juárez donde se incrementa la degradación.

27a. Las principales fuentes de contaminación en la cuenca Río Armería son: la población de la ciudad de Colima y la Procesadora Municipal de Carne, La Coca Cola, contamina el río Colima; La Pepsi Cola contamina el arroyo Tecolotero. En Comala La Beneficiadora de Café y en Coquimatlán la compañía minera «Las Encinas».

28a. En el estado de Colima se utilizan en promedio un volumen anual de 864 mm<sup>3</sup>, divididos en los siguientes usos: 95% al agrícola, 1.5% al doméstico, 1.5% al pecuario, 0.5% al industrial, 1.0% al acuícola y, 0.5% al florícola y otros.

### 5.6.2 Recomendaciones

Las conclusiones antes mencionadas nos permitieron proponer las siguientes recomendaciones:

1a. Construir mayor número de obras de infraestructura, de diferentes capacidades, para aprovechar dentro del estado y en sus límites, los abundantes escurrimientos que se registran en la época de verano.

2a. Aprovechar, mediante presas derivadoras, los volúmenes escurridos en el río Marabasco, canalizándolos a las unidades de riego dentro de la cuenca Chacala-Purificación. Actualmente estos escurrimientos se subutilizan en Jalisco y en Colima prácticamente se desaprovechan.

En la estación hidrométrica «Cihuatlán II» se aforó un volumen medio anual de 899.1 mm<sup>3</sup>, los cuales transitan hacia el mar.

3a. Construir pequeñas presas y bordos de infiltración en terrenos permeables, aguas arriba de las corrientes que recargan los acuíferos emplazados en los valles; sobre todo en los pequeños valles costeros de la subcuenca «Laguna Cuyutlán».

4a. Vigilar estrictamente que las fuentes de contaminación y degradación de la laguna de Cuyutlán viertan en ella únicamente aguas tratadas.

5a. Monitorear en forma rigurosa el curso del río Marabasco, detectando los focos contaminantes, para evitar la degradación de las aguas, sobre todo en la estación derivadora «Las Parotas».

6a. Agilizar la construcción de obras de almacenamiento o derivadoras sobre el curso del río Coahuayana y de algunos de sus afluentes. A pesar de la construcción de la presa derivadora Callejones aún se descargan al mar grandes volúmenes anuales. Aunque se desconoce el volumen actual que drena por la estación hidrométrica Callejones, en el período 1949-1969 se aforó un volumen medio anual de 1841.5 mm<sup>3</sup>. La CNA calcula que el volumen anual que se vierte en el mar,

proveniente de la cuenca Río Coahuayana es de 1639 mm<sup>3</sup>, aproximadamente.

7a. Continuar con el monitoreo constante y periódico sobre las aguas del río Coahuayana, para que se siga manteniendo la baja contaminación actual.

8a. Asimismo se sugiere la construcción de obras de infraestructura para aprovechar los caudales que escurren sobre el río Armería y que se vierten en el océano. A pesar de que en esta corriente se han construido presas derivadoras en el estado de Colima y presas de almacenamiento en el estado de Jalisco, que conjuntamente han disminuido el caudal del río Armería, aún se descarga al mar volúmenes considerables. En la estación hidrométrica «Colimán II» se aforó un volumen medio anual de 656 mm<sup>3</sup>, aunque se desconoce el período de observación. La CNA estima que el volumen medio anual escurrido que se vierte al mar en la cuenca Río Armería es de 678 mm<sup>3</sup>.

9a. Agilizar las gestiones necesarias para que el proyecto de aprovechar en Colima parte del agua de la presa «Trigo Mil», localizada en Jalisco, se haga realidad.

10a. Vigilar y monitorear estrechamente el curso del río Armería, para que las fuentes contaminantes no continúen deteriorando la calidad de sus aguas, sobre todo a la altura de la estación Puente Pueblo Juárez.

11a. Desasolve del río Armería, en la porción de la planicie costera, por medio de la instalación de presas de sedimentos y encauce artificial de la corriente.

12a. Realizar obras de captación de las aguas que transitan por sus límites estatales, en convenio con los estados vecinos.

13a. Utilizar los volúmenes de agua superficial disponibles en conjunto con los volúmenes de agua subterránea, para racionar y optimizar su uso.

14a. Tener mayor control en el aforo de las corrientes principales, para conocer los volúmenes escurridos en forma directa y actualizada. Si es necesario establecer mayor número de estaciones hidrométricas.

15a. Exigir la instalación de plantas de tratamiento de las aguas residuales en las principales fuentes contaminantes.

16a. Aplicar estrictamente las infracciones y sanciones administrativas que marca el artículo 119 de la «Ley de Aguas Nacionales».