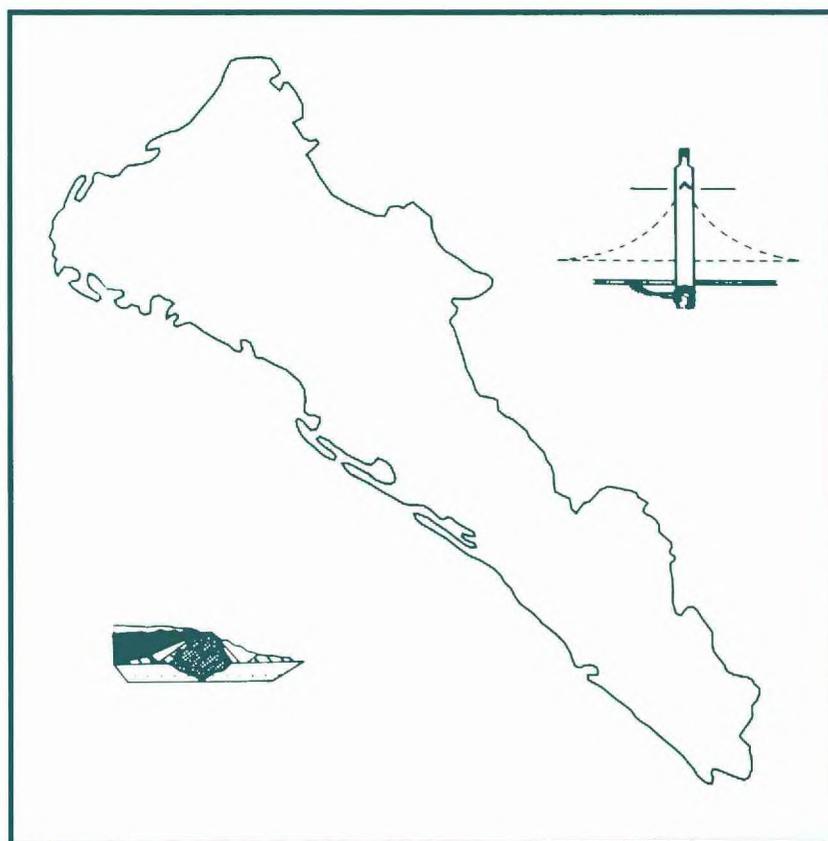


ESTUDIO HIDROLOGICO DEL ESTADO DE SINALOA

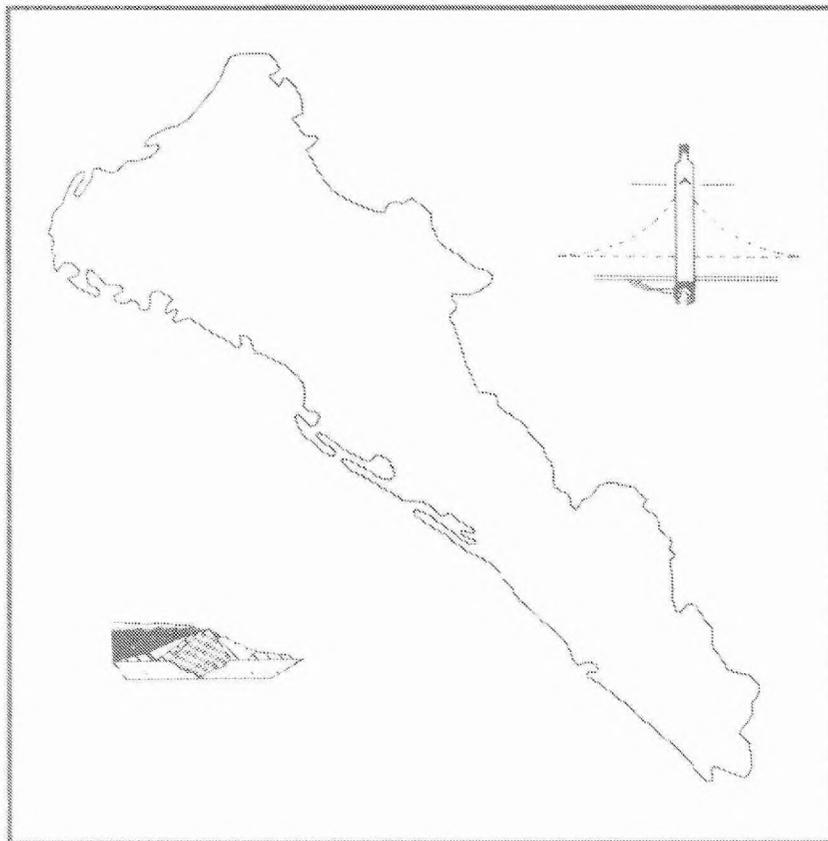


INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA
GEOGRAFIA E INFORMATICA



GOBIERNO DEL ESTADO DE
SINALOA

ESTUDIO HIDROLOGICO DEL ESTADO DE SINALOA



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA
GEOGRAFIA E INFORMATICA



GOBIERNO DEL ESTADO DE
SINALOA

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 Sinaloa

Impreso en México
ISBN 970-13-0558-2

Esta publicación consta de 1 390 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 Sinaloa**. 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

Siglas Utilizadas

— COMISION NACIONAL DEL AGUA GERENCIA REGIONAL NOROESTE GERENCIA EN EL ESTADO DE SINALOA.	(C.N.A.)
— SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS DELEGACION EN EL ESTADO DE SINALOA	(S.A.R.H.)
— SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA DELEGACION EN EL ESTADO DE SINALOA	(S.E.D.U.E.)
— CONSEJO DE RECURSOS MINERALES RESIDENTE ESTATAL EN EL ESTADO DE SINALOA	(R.M.)
— SECRETARIA DE PESCA DELEGACION EN EL ESTADO DE SINALOA	
— UNIVERSIDAD DE SONORA DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA	(UNI-SON)

Indice

INTRODUCCION	IX
OBJETIVOS	XI
METODOLOGIA	XIII
1. GENERALIDADES	1
1.1 Localización, límites y extensión	1
1.2 Panorama demográfico	1
1.3 Las comunicaciones	2
2. MARCO FISIOGRAFICO GENERAL	3
2.1 Fisiografía	3
2.2 Tipos de Suelo, características generales y grado de permeabilidad	3
2.3 Características biogeográficas: Uso del Suelo y Vegetación	4
3. CLIMA	5
3.1 Distribución y variación climática	5
3.2 Temperatura, precipitación, evaporación, vientos y corrientes marinas	5
3.3 Consecuencias hidrológicas del régimen climático	6
4. GEOLOGIA	7
4.1 Estratigrafía	7
4.2 Geología histórica	8
4.3 Geología estructural	9
4.4 Unidades geohidrológicas	9
5. HIDROLOGIA SUPERFICIAL	11
5.1 Panorama general del agua superficial en el estado de Sinaloa	11
5.2 Región Hidrológica 10, Sinaloa	11
5.2.1 Cuenca del Río Fuerte (G)	12
5.2.2 Cuenca del Estero Bocorehuis (H)	12
5.2.3 Cuenca de la Bahía Lechuguilla-Ohuira-Navachiste (F)	13
5.2.4 Cuenca del Río Sinaloa (E)	13
5.2.5 Cuenca del Río Mocerito (D)	13
5.2.6 Cuenca del Río Culiacán (C)	14
5.2.7 Cuenca del Río San Lorenzo (B)	15
5.2.8 Cuenca del Río Piaxtla-Río Elota-Río Quelite	15
5.3 Región Hidrológica 11, (Presidio-San Pedro)	16
5.3.1 Cuenca del Río Presidio (D)	16
5.3.2 Cuenca del Río Baluarte (C)	17
5.3.3 Cuenca del Río Acaponeta (B)	17
5.4 El Escurrimiento en el estado de Sinaloa	17
5.4.1 Cálculo de escurrimiento: metodología	18

5.4.2	Los Factores: permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación en el estado de Sinaloa	18
5.4.3	El Coeficiente y las unidades de escurrimiento	19
5.5	Calidad del agua superficial	19
6.	HIDROLOGIA SUBTERRANEA	21
6.1	Panorama general del agua subterránea en el estado de Sinaloa	21
6.2	Análisis y panorama de las características del agua subterránea en el estado de Sinaloa	22
6.2.1	Zona Río Fuerte	22
6.2.2	Zona Río Sinaloa-Arroyo Ocoroni	22
6.2.3	Zona Río Mocorito	23
6.2.4	Zona Río Culiacán - Río San Lorenzo	23
6.2.5	Zona Río Piaxtla	24
6.2.6	Zona Río Quelite	25
6.2.7	Zona Río Presidio	25
6.2.8	Zona Río Baluarte	26
6.2.9	Zona Barra de Teacapan	26
6.2.10	Zona Río Cañas (margen derecha)	27
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
7.1	Conclusiones	29
7.2	Recomendaciones	31
	FUENTES CARTOGRAFICAS Y ESTADISTICAS	33
	BIBLIOGRAFIA	35

Índice de Cuadros y Figuras

1. GENERALIDADES	37
1.1 Figura Localización Geográfica (1:7'000,000 y 20'000,000).	39
1.1 Tabla Estado de Sinaloa, Población Total Urbana y Rural (1950-1990).	40
1.2 Figura Orografía (1:2'500,000).	41
1.2 Tabla Jerarquización de los Municipios según Volumen de Población y Participación en Total Estatal, 1990.	42
1.3 Figura División Política (1:2'500,000).	43
1.3 Tabla Clasificación de Localidad según Volumen de Población.	44
1.4 Figura Infraestructura para el Transporte (1:2'500,000).	45
2. MARCO FISIOGRAFICO GENERAL	47
2.1 Figura Marco Fisiográfico Nacional (1:19'000,000).	49
2.2 Figura Fisiografía (1:2'500,000).	50
2.A Anexo Especies más comunes de la Biocenosis Predominantes en el Estado de Sinaloa.	51
3. CLIMA	53
3.1 Figura Climas (1:2'500,000).	55
3.1 Tabla Estaciones Climatológicas.	56
3.2 Figura Temperatura (1:2'500,000).	57
3.3 Figura Precipitación (1:2'500,000).	58
4. GEOLOGIA	59
4.1 Plano Geología (1:1'500,000).	61
4.2 Plano Unidades Geohidrológicas (1:1'500,000).	62
5. HIDROLOGIA SUPERFICIAL	63
5.1 Figura Regiones Hidrológicas (1:18'000,000).	65
5.1 Cuadro Presas del Estado de Sinaloa.	66
5.2 Figura División Hidrológica (1:4'000,000).	67
5.2 Tabla Estaciones Hidrométricas, Región Hidrológica Núm. 10, Sinaloa	68
5.3 Plano (A, B, C) Características Principales de las Cuencas Dentro del Estado.	70
5.3 Tabla Estaciones Hidrométricas, Región Hidrológica, Núm. 11, Presidio y San Pedro.	73
5.4 Plano Unidades de Escurrimiento (1:1'500,000).	75
5.4 Tabla Estaciones Hidrométricas Fuera del Estado.	77
5.5 Figura Distritos de Riego (1:2'500,000).	78
5.5 Cuadro Distritos de Riego.	79
5.6 Tabla Volúmenes de Escurrimiento.	80
5.7 Cuadro Relación Permeabilidad – Densidad de Vegetación.	81
5.8 Gráfica Determinación del Coeficiente de Escurrimiento.	82

6. HIDROLOGIA SUBTERRANEA	83
6.1 Figura Manantiales (1:2'500,000).	85
6.1 Tabla Zonas Geohidrológicas.	86
6.2 Figura Zonas de Veda (1:2'500,000).	87
6.3 Figura Principales Zonas Geohidrológicas (1:2'500,000).	88
6.4 Plano Profundidad al Nivel Estático (1986) en la Zona Río Fuerte (1:250,000).	89
6.5 Plano Profundidad al Nivel Estático (1989) en la Zona Río Sinaloa - Arroyo Ocoroni (1:250,000).	90
6.6 Plano Sólidos Totales Disueltos (1986) en la Zona Río Sinaloa - Arroyo Ocoroni (1:250,000).	91
6.7 Plano Profundidad al Nivel Estático (1989) en la Zona Río Mocorito (1:100,000).	92
6.8 Plano Sólidos Totales Disueltos (1986) en la Zona Río Mocorito (1:100,000).	93
6.9 Plano Evolución del Nivel Estático (1978-1982) en la Zona Río Culiacán - Río San Lorenzo (1:250,000).	94
6.10 Plano Sólidos Totales Disueltos (1982) en la Zona Río Culiacán - Río San Lorenzo (1:250,000).	95
6.11 Plano Elevación del Nivel Estático (1982) en la Zona Río Quelite (1:100,000).	96
6.12 Plano Profundidad al Nivel Estático (1985) en la Zona Río Presidio (1:100,000).	97
6.13 Plano Sólidos Totales Disueltos (1985) en la Zona Río Presidio (1:100,000).	98
6.14 Plano Profundidad al Nivel Estático (1978) en la Zona Río Baluarte (1:100,000).	99

Introducción

La extensión y diversidad geográfica del Territorio Nacional dan como resultado una distribución limitada e irregular del agua; restrictiva porque aproximadamente la mitad 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 mayor disponibilidad o facilidad en el aprovechamiento de este recurso.

Un bien indispensable pero escaso y desigualmente 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 de 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.

Sin duda, se requiere 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-administrativos, 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 permiten el estudio, conocimiento y toma de decisiones sobre un espacio determinado.

Esto responde, precisamente, la serie de ESTUDIOS HIDROLOGICOS ESTATALES que se han iniciado, 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 consta de 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 de Geografía y sus Direcciones, 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.

Objetivos

Se han esbozado, hasta aquí, los objetivos generales de este trabajo, conviene ahora señalar, puntualmente, a los propósitos específicos en que aquéllos se concretan, desde dos perspectivas complementarias: la meta de producción y publicación cartográfica de la Dirección General de Geografía, y la finalidad última de una investigación hidrológica práctica.

Dada la importancia del agua en México y la urgencia de información precisa, a distintos niveles, la D. G. G. se ha propuesto ofrecer una publicación útil que permita:

- 1.- Disponer, en un solo estudio, de la información hidrológica, realidades y perspectivas de gestión más importantes del agua en cada Estado.
- 2.- Suministrar esta información - resultado de recopilación y análisis de manera sintética, accesible y gráfica, para facilitar su comprensión y aplicación.
- 3.- Proveer así de un compendio hidrológico estatal que satisfaga, en la medida de sus posibilidades, las necesidades del planeamiento, de la toma de decisiones y de concientización respecto a la problemática del agua en cada Estado y la obligada racionalización de su consumo.
- 4.- Brindar una aportación al conocimiento geográfico del país y su cartografía.
- 5.- Ofrecer un producto de utilidad a estudiantes de nivel medio y superior o a cualquier ciudadano interesado en conocer mejor su región.

En cuanto al estudio hidrológico en sí mismo, éste pretendé:

- 1.- Analizar, de la manera más detallada posible, las condiciones generales de los factores que inciden de forma directa en el ciclo del agua en cada Estado, esto es, los componentes del medio físico y humano que actúan como variables interdependientes; se consideró de este modo, el crecimiento de la población, la estructura económica, los niveles de concentración y las comunicaciones (accesibilidad), en razón de la incidencia que con-

tienen sobre el uso y distribución del recurso; se examinó al tiempo, el impacto del relieve, el suelo, la vegetación, el clima y la geología sobre la disponibilidad del agua.

- 2.- Analizar en profundidad, los elementos responsables del comportamiento, uso y calidades del agua tanto superficial como subterránea; así se aplicaron los esquemas de análisis de Hidrología Superficial y Subterránea como objeto de:
 - 2.1 Definir las condiciones naturales del agua en la superficie a partir del análisis de las cuencas, red hidrográfica, los patrones de avenamiento, etc.
 - 2.2 Examinar el aprovechamiento actual, a través de la infraestructura hidráulica existente y en proyecto.
 - 2.3 Determinar los rasgos definitivos del escurrimiento a fin de establecer, en conjunto, los niveles de disponibilidad de agua.
 - 2.4 Describir las condiciones hidráulicas en el subsuelo respecto a la dirección de flujos, detección de áreas con mayores posibilidades de extracción de agua y caracterización del comportamiento natural e inducido de sus acuíferos.
 - 2.5 Analizar el censo de aprovechamientos y con base en los niveles dinámico y estático obtenidos de los pozos de observación, establecer la evolución del balance hidráulico con la finalidad de conocer el grado de explotación de los acuíferos, sus congruencias y tendencia general.
- 3.- En virtud de las consecuencias hidrológicas que comportan las características analizadas, una vez definido el panorama estatal en cuanto a disponibilidad y explotación, usos actuales y alternativas, así como calidades del agua, proporcionar recomendaciones y observaciones de tipo práctico que contribuyan a fomentar el óptimo aprovechamiento y cuidado de este recurso, ofrezcan opciones válidas ante los problemas existentes o permitan evitar su agravamiento y, en definitiva, prevenir que una gestión reiteradamente inadecuada conduzca a la escasez.

Metodología

Como ha sido costumbre en la elaboración de la cartografía Hidrológica, tanto superficial como subterránea el estudio Hidrológico Estatal conjuga, a un tiempo, el análisis de gabinete y el reconocimiento de campo, de acuerdo con los objetivos planteados, ambas actividades dieron como resultado un enorme esfuerzo de recopilación, análisis y síntesis de la información disponible, generada por diversas instituciones y, fundamentalmente por la propia Dirección General de Geografía.

Ello permitió establecer los tres niveles cognoscitivos que implica un estudio Hidrológico: en primer lugar, una descripción integrada de las condiciones y situación actual; en segundo término, una explicación fundamentada de la realidad así como de las perspectivas futuras y, finalmente aportar recomendaciones encaminadas a la consecución del óptimo aprovechamiento de un bien escaso e indispensable como el agua.

Capítulo 1. Generalidades

1.1 LOCALIZACION, LIMITES Y EXTENSION

El estado de Sinaloa se ubica en el noroeste del país, (Figura 1.1) a los 22° 30' 40" y 27° 02' 42" de latitud norte y a los 105° 23' 20" y 109° 28' 48" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Al norte limita con los estados de Sonora (noroeste) y Chihuahua, al sur con Nayarit (sureste), al este con Durango, al oeste con las aguas del Golfo de California y del Océano Pacífico. La superficie del estado es de 58,328 km², ocupa el décimo séptimo lugar a nivel nacional, lo que representa el 3.0% de la superficie de la República Mexicana. La topografía en Sinaloa alcanza alturas que van desde la zona de litoral, hasta las estribaciones de la sierra, donde se reportan alturas de 2510 msnm (Figura 1.2).

1.2 PANORAMA DEMOGRAFICO

De acuerdo a los resultados del XI Censo de Población y Vivienda, el estado de Sinaloa reporta una población total de 2'204,054 habitantes, de los cuales 1'102,433 (50.01%) son mujeres y 1'101,621 (49.99%) son hombres. Sinaloa transita en el último cuarto del Siglo Veinte, bajo el signo del cambio demográfico (Tabla 1.1), pues se le considera como un estado demográficamente muy dinámico, tanto a nivel regional como nacional, de acuerdo al censo de 1990, el estado por su población total se ubica en el lugar número a nivel nacional, y contribuye con el 2.72% de la población total de la República Mexicana. Sinaloa presenta importantes transformaciones en su estructura demográfica; dichas transformaciones se manifiestan en el estrechamiento en términos relativos de la pirámide poblacional, con un notorio ensanchamiento en su parte media y un incipiente proceso de envejecimiento.

La población del estado se distribuye de manera irregular (con un índice de 38.06 habitantes por km²), en 18 municipios (Figura 1.3); de los cuales Culiacán, Mazatlán, Ahome y Guasave concentran el 67.1% de la población total estatal (Tabla 1.2).

La población se distribuye en 5,247 localidades de las cuales 5,162 tienen menos de 2,500 habitantes y 85 poseen una población mayor a los 2,500 de estas; 10 reportan valores de 20,000 a 50,000 habitantes y tres poseen valores que superan los 100,000 habitantes (Tabla 1.3).

* XI Censos de Población y Vivienda. Resultados preliminares. INEGI (1990).

La población urbana reportada es de 1'412,447 habitantes, que representa el 64.08% de la población total y muestra un crecimiento, desde la década de los sesentas (Tabla 1.1).

En el aspecto productivo se reportan 1'527,508 habitantes mayores de 12 años, de los cuales 660,905, se consideran como población ocupada, misma que se distribuye en los diferentes sectores productivos; 242,710 en el sector primario, 113,496 en el sector secundario y 280,139 en el terciario. La dinámica de la economía, se sustenta en las actividades de agricultura, pesca y turismo; estas absorben más del 43% de la población económicamente activa.

La actividad agrícola es el sustento base de la economía del estado; su desarrollo influye notablemente en otras actividades como el comercio y la construcción. La extensión agrícola de Sinaloa es de 1'333,450 has., de ellas 743,482 se destinan al riego y 589,968 a la agricultura de temporal; de acuerdo a las tendencias en el uso del suelo, se espera un incremento en la superficie de riego y un decremento en la de temporal. En la actividad pesquera, el estado posee una excepcional riqueza conformada por 656 km. de litoral y 221,600 has. de lagunas litorales y una superficie inundada de 57 mil has. de aguas continentales.

Esta riqueza le ha permitido ocupar el tercer lugar nacional (1988) en cuanto a volumen de captura con 141,850 toneladas. Esta importante actividad ha pasado por diferentes periodos históricos; la primera etapa se caracterizó por la pesca en aguas litorales, concentrada fundamentalmente en camarón y peces de alta calidad; la segunda etapa se inicia con la incursión en la pesca de altamar y corresponde principalmente a los atuneros y sardineros; y la última etapa se inició con el cultivo y cuidado de las especies, se caracteriza por su alta tecnificación y productividad.

La actividad turística significa una importante fuente generadora de empleo y uno de los conductos más eficientes para la captación de divisas. El desarrollo turístico se ha basado en la explotación del potencial de la zona sur, concretamente el puerto de Mazatlán, que es considerado el principal centro turístico en el estado;

* Se considera a poblaciones en edad de trabajar a los habitantes con 12 o más años.

concentra el 60.5% de los establecimientos, en tanto que Culiacán el 17% y Los Mochis el 9.0%.

1.3 LAS COMUNICACIONES

El auge económico del estado estuvo íntimamente ligado a la construcción de las obras de comunicación. La red básica de carreteras, caminos, puertos y obras hidráulicas fueron construidos de manera paralela en la década de los cincuentas y sesentas, y fueron el sustrato del crecimiento demográfico y económico de la entidad.

La red de carreteras, asciende a 10,792 km., los cuales 2,633.4 son pavimentados, 6,375.8 revestidas y 1,783.2 de terracería. El eje principal es la carretera internacional México- Nogales (Figura 1.4), que cuenta con una longitud de 650 km., que permite la comunicación entre el norte y el sur de la entidad, los flancos del estado están comunicados por una densa red de arterias transversales que agilizan el flujo entre el este y el oeste.

El sistema ferroviario está a cargo de las empresas Ferrocarriles del Pacífico y Ferrocarriles Chihuahua-Pacífico. Los 895 km., de vías de ferrocarril enlazan el estado de norte a sur y de este a oeste (Figura 1.4). Mediante esta red, Sinaloa moviliza como promedio anual, un millón de toneladas; las mercancías que originan los mayores volúmenes de carga son los productos de origen agrícola, derivados del petróleo, fertilizantes y cemento. La infraestructura portuaria permite las actividades de tipo pesquero, industrial, militar o turístico; sin embargo, los puertos de Mazatlán y Topolobampo (Figura 1.4) se constituyen como los más importantes. Mazatlán se coloca en el escaño 14 de los principales puertos de altura localizados en el litoral del Pacífico y entre los seis más importantes por su infraestructura. El puerto de Topolobampo tiene como área de influencia la parte sur de Sonora, el estado de Chihuahua y más de la mitad de Sinaloa.

La infraestructura aérea se conforma por un Aeropuerto Internacional ubicado en Mazatlán (Figura 1.4) y por dos de alcance nacional, localizados en Culiacán y Los Mochis. Además de 143 aeródromos diseminados

en la entidad, que se utilizan para la fumigación aérea, el transporte de carga y pasaje a la región serrana.

El sistema postal atiende al 61.0% de la población total (1988), y beneficia principalmente al medio urbano. La red esta constituida por 9 sucursales, 44 administraciones, 119 agencias y 640 expendios.

La red telegráfica, cubre 87 localidades del Estado, a través de sus 3 administraciones de servicio completo y una de servicio ordinario "A", 66 de servicio ordinario "B" y cuatro de servicio prolongado, 21 oficinas telefónicas de enlace y una radiofónica (1988).

La comunicación telefónica es administrada por Teléfonos de México y controlaba hasta 1988 a 96,681 líneas, lo que significó la operación de 199,638 aparatos y la atención del 73% de la población de 181 localidades.

La radiodifusión opera en la entidad con 33 emisiones de amplitud modulada y 4 de frecuencia modulada, 36 de ellas son de carácter comercial y una cultural (1988).

La comunicación televisiva estatal, registra 4 canales locales y 4 estaciones repetidoras, que se localizan en Culiacán, Mochis y Mazatlán, esto es sin considerar los canales 7 y 13 de IMEVISION que tienen cobertura nacional. Este medio de comunicación fue ampliado en 1989 con el servicio de cablevisión, en las ciudades de Culiacán, Mazatlán, Los Mochis, Guasave y Guamúchil.

El servicio de telex existe en las localidades de Los Mochis, Culiacán, Guasave, Mazatlán y Guamúchil. Las centrales del sistema cuentan con una capacidad de 822 números, 50% más que en 1985; los usuarios afiliados suman 611 hasta 1988 contra los 565 de 1985.

La noticia impresa se distribuye a través de 16 periódicos que se editan en Los Mochis, Guasave, Guamúchil, Culiacán y Mazatlán, mismos que reportan una circulación diaria de 101,400 ejemplares hasta 1988.

Capítulo 2. Marco Fisiográfico General

2.1 FISIOGRAFÍA

En el estado de Sinaloa es posible diferenciar dos provincias fisiográficas (según el marco fisiográfico de la D.G.G., 1981), (Figura 2.1) mismas que comparte con los estados vecinos. La primera domina la porción oeste y se denomina Llanura Costera del Pacífico, la segunda conocida como Sierra Madre Occidental y ubicada al este de la entidad.

Provincia Llanura Costera del Pacífico, se presenta en una franja orientada NW-SE, paralela a la costa y limitada hacia el oeste por el Golfo de California, posee elevaciones que varían desde el nivel del mar hasta los 450 msnm.; se caracteriza por la homogeneidad de sus topofomas de llanuras con lomeríos bajos; sin embargo, es posible diferenciar algunos accidentes que permiten subdividirla en tres subprovincias, siendo estas: Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa, Costera de Mazatlán y Delta del Río Grande de Santiago (Figura 2.2). Geomorfológicamente esta provincia refleja un ciclo de relativa madurez con desarrollo importante de suelos.

Subprovincia Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa, se ubica al noroeste de la entidad y se prolonga al estado de Sonora. Sus rasgos distintivos son la asociación de topofomas de llanuras con ciénegas, zonas salinas, dunas, playas y barras de arena; los relieves de sierras localizadas en el extremo noroeste le dan el toque más distintivo a esta subprovincia.

Subprovincia Costera de Mazatlán, localizada en la parte central del estado, constituyendo la región media de la provincia Llanura Costera del Pacífico, siendo además la más extensa, en la cual dominan topofomas de llanuras con lomeríos bajos esculpidos sobre zócalos rocosos y playas hacia el límite costero.

Subprovincia Delta del Río Grande de Santiago, situada en el extremo sur del estado; es la de menor extensión, diferenciándose de las anteriores por sus llanuras costeras, generalmente salinas y sujetas a inundación.

Provincia Sierra Madre Occidental, delimitada por una franja de orientación NW-SE, paralela y colindante con la provincia fisiográfica Llanura Costera del Pacífico ubicada al oeste. La altura de sus relieves varía de los

100 hasta los 2780 msnm. Esta provincia se conforma por sierras altas y bajas, asociadas con valles y cañones, que reflejan un ciclo geomorfológico juvenil. Así, elementos fisiográficos más específicos, permiten la definición de cuatro subprovincias enmarcadas dentro de la Provincia Sierra Madre Occidental (Figura 2.2).

Subprovincia Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses, los rasgos fisiográficos más sobresalientes se hallan expuestos en los estados de Sonora y Chihuahua. En Sinaloa solo se aprecia en la porción norte, en una extensión pequeña. Las topofomas de mayor relevancia pertenecen a sierras altas, con cañones abruptos que conforman el paisaje típico; valles y lomeríos con llanuras asociadas complementan el panorama.

Subprovincia Pie de Sierra, su delimitación forma un cinturón alineado NW-SE, atravesando longitudinalmente la entidad. Se caracteriza por topofomas serranas con lomeríos y valles asociados dominando en el extremo noroeste y porción media de esta subprovincia; mientras en el extremo sureste es patente la presencia de lomeríos y valles sobre las topofomas de sierras. Esta subprovincia expone rasgos fisiográficos que denotan una transición entre topofomas de alto relieve y aquellas que se encuentran hacia la costa, que son parte de un ciclo geomorfológico relativamente maduro.

Subprovincia Gran Meseta y Cañones Duranguenses, situada al extremo este del estado, configurándose topofomas bien definidas de serranías altas y escarpadas con abundancia de cañones, que constituyen el paisaje típico.

Subprovincia Mesetas y Cañadas del Sur; las topofomas de sierras con relieve escarpado, cañones ásperos y prolongados rigen el panorama de esta subprovincia, cuya localidad representativa se sitúa en el extremo sureste de Sinaloa.

2.2 TIPOS DE SUELO: CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GRADO DE PERMEABILIDAD

Las disposiciones geológicas, topográficas y climáticas, son los factores esenciales de las características de los suelos de Sinaloa, describiéndose estos por su importancia y distribución.

Los suelos de mayor distribución en la entidad pertenecen al tipo regosol y litosol con aproximadamente el 60% de la superficie cubierta por suelos. Se distribuyen en la totalidad de la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental y porción sur de la Provincia Costera del Pacífico enmarcadas en el estado. Estos suelos tienen poco desarrollado, representando fases netamente líticas y de profundidad somera.

El litosol es un suelo sin desarrollo aparente, de escasa profundidad, con texturas gravosas y angulares, reflejando propiedades de la roca que le da origen, siendo inclusive la roca misma, dichos suelos se encuentran en la porción este de la entidad.

El regosol, se localiza al oeste del sistema de sierras, hacia el límite con la Provincia Costera del Pacífico, donde su enclave topográfico permite el desarrollo del suelo de composición variada y desarrollo de texturas arenosas y limosas. Este suelo, incluye importantes concentraciones de litosol. Tanto el regosol como el litosol, presentan poco espesor y generalmente cubren a la roca firme, permiten el rápido escurrimiento y una infiltración insignificante.

En orden de importancia, los suelos tipo feozem y vertisol, ambos de carácter háplico representan aproximadamente el 25% de la superficie de los suelos de la entidad, se distribuyen en la Provincia Costera del Pacífico entre la costa y el flanco oeste de la Provincia Sierra Madre Occidental; sus texturas son limosas, moderadamente permeables y susceptibles a la erosión, tanto el litosol como el regosol, son las trazas más significativas.

Solonchak ortico y gleyico, su distribución es reducida pero significativa, localizados en la zona costera de la entidad, representan a suelos de fases químicas, siendo sódicos y salinos, por estar saturados con aguas salobres.

En proporciones poco significativas se observan suelos tipo xerosol en estrecha asociación con vertisol y litosol. Así mismo suelo tipo cambisol de carácter crómico acompaña al regosol, litosol y feozem, la distribución de estos suelos es irregular y presentan una permeabilidad moderada.

2.3 CARACTERÍSTICAS BIOGEOGRÁFICAS: USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN

El estado de Sinaloa da residencia a una variada flora

autóctona además de especies inducidas, adaptadas al clima, morfología, suelo y ubicación de la entidad, lo que da como resultado la existencia de diversas comunidades. Las especies de mayor distribución en la entidad corresponde a la selva baja caducifolia, vegetación inducida y la correspondiente a las zonas boscosas.

Selva Baja Caducifolia, se ubica en la zona montañosa de la entidad (Provincia Sierra Madre Occidental), ocupando aproximadamente el 50% de la cobertura vegetal del estado. El clima subhúmedo reinante, permite especies con ejemplares de 15 m. de altura que tienden a perder su follaje durante las sequías. Las especies características son: *Bursera* spp. (Chupundia), *Lysiloma* spp. (Tepeguajes); *Pseudobombax palmeri* (Amapola); *Ipomoea* spp. (Cazahuates).

Vegetación inducida, aproximadamente el 35% de la vegetación del estado es inducida, desarrollada en la porción costera donde los suelos son fértiles; técnicamente es la agricultura, siendo posible dividirla en dos tipos: riego y temporal. Las lluvias regulares y los depósitos subterráneos de agua permiten su desarrollo. Las hortalizas, legumbres, frutales, granos y pastizales son los principales grupos de vegetales inducidos.

Bosques de Pinos y Encinos, se ubican en las zonas montañosas de la Provincia Sierra Madre Occidental, circundada por la selva baja caducifolia. Las especies que conforman la totalidad de estas comunidades vegetales son los géneros *Pinus* (Pino) y *Quercus* (Encino), desarrollados desde los 300 y 1000 hasta los 4200 msnm.

Las tres asociaciones vegetales anteriores, abarcan aproximadamente el 90% de la entidad. El 10% restante, lo constituyen comunidades muy restringidas, tales como: la Selva Mediana Caducifolia; al sureste de la entidad, en clima subhúmedo cálido, Matorral Sarcocaula al noroeste, en zona árida, Manglares, vegetación Halófila y Vegetación de Dunas en la zona costera, vegetación resistente a suelos y ambientes salinos; estuarios, esteros, marismas y lagunas, son los hábitat ideales.

Zonas desprovistas de vegetación se observan principalmente hacia la costa. La dinámica de las mareas, los desfuegos de los ríos y movilización de dunas impide su desarrollo.

Capítulo 3. Clima

Las particularidades del clima en Sinaloa están regidas por los factores planetarios tales como: latitud y longitud, que unido a otros elementos como: la altitud, la circulación atmosférica y la cercanía del Océano Pacífico y vinculado ha esto la presencia de la notable barrera que representa la Sierra Madre Occidental propician variaciones en la precipitación, temperatura y evaporación que es lo que ha dispuesto toda la gama climática de la entidad.

3.1 DISTRIBUCION Y VARIACION CLIMATICA

La variabilidad regional del clima está condicionada en gran medida por la intervención de masas de aire húmeda en las costas y en las laderas montañosas que bordean el Océano Pacífico y el Golfo de California, así pues no sólo el factor orográfico condiciona la distribución de lluvias en la entidad; también existen las vías de carácter convectivo típicas del verano, producto del calentamiento de masas de aire que asciende verticalmente y asociadas con gran nubosidad, lo que viene a proveer de intensas lluvias; por otro lado existen lluvias que resultan del choque de masas de aire con diferente temperatura y que desarrollan un movimiento ciclónico (lluvias ciclónicas), esto ocurre principalmente en verano y principio de otoño. Como consecuencia de lo anterior y sumado a los demás factores que intervienen, los climas son diversos y se manifiestan en distintas partes del estado. Basándose en el sistema de clasificación climática empleada por Köppen y modificada por Henriqueta García (1973) se pueden identificar en la entidad los siguientes tipos climatológicos. (Figura 3.1).

Muy seco-muy cálido, localizado en las cercanías de la bahía de Perihúete sobre la costa y hacia el extremo noroeste de la entidad; registra una temperatura media anual de 22° a 24°C, con excepción de los Mochis y sus alrededores que varía de 24° a 26°C y posee una precipitación media anual de 100 - 400 mm.

Seco-muy cálido se le encuentra a lo largo de la llanura costera en la faja donde se ubica la agricultura de riego, en la porción noroeste de la entidad; la temperatura se encuentra generalmente de 24° a 26°C, con excepción en la Sierra San Francisco ubicada en el límite con Sonora, donde la temperatura media es menor que 22°C y en la porción suroeste del poblado El Fuerte donde la temperatura media es mayor a los 26°C; con precipitación media anual de 400 - 500 mm.

Semiseco - muy cálido, se localiza en la porción oriente, entre la zonas de valles y el límite con la Sierra Madre Occidental, se presenta esta franja abarcando desde el noroeste de Mazatlán hasta los límites con Sonora con precipitación media anual de 500 a 800 mm. y temperaturas de 22° a 24°C.

Cálido - subhúmedo, se le ubica en la parte baja de la sierra en las cercanías de las poblaciones de Chinobampo, Bacurito, Badiraguato, Mazatlán, Escuinapa y Teacapán su temperatura media anual fluctúa de 24° a 26°C y varía en la porción sureste donde la temperatura media anual supera los 26°C, la precipitación oscila de 700 a 1200 mm., pero en el sureste del estado tiene rangos mayores alcanzando hasta 1500 mm.

Por último se tienen otros tipos climatológicos de menor importancia que se presentan dentro del estado son los semicálidos-semihúmedos y templado-subhúmedo, entre otros localizándose, la mayoría de estos en la porción noroeste y con los límites con Chihuahua en las partes de mayor altura dentro de la entidad, con precipitación media de 800 a 1200 mm; alcanzando en el sureste hasta 1500 mm. y temperatura que oscila entre 14° a 22°C.

3.2 TEMPERATURA, PRECIPITACION, EVAPORACION, VIENTOS Y CORRIENTES MARINAS

Con el fin de dar una descripción de estas variables, se hará uso de la (Figura 2.2), en las que se delimitan las principales provincias fisiográficas en la entidad.

TEMPERATURA

Con lo que respecta a la temperatura se ha observado que los valores de la carta de isotermas muestran amplia variación e incluso en zonas locales, de norte a sur y de la Costa a la Sierra como se puede apreciar en la (Figura 3.2). Provincia Llanura Costera del Pacífico; en su porción sureste, dentro del estado, la isoterma de mayor valor es la de 26°C y en una zona muy local de la Sierra Madre Occidental en la porción noroeste.

En la Provincia Llanura Costera del Pacífico el rango con mayor distribución es el que va de 24° a 26°C de temperatura media anual.

Provincia Sierra Madre Occidental; aquí el trazo de las isotermas siguen la misma orientación preferencial

que el de las sierras (noroeste - sureste) y su valor tiende a disminuir hacia el oriente; el valor más alto es el de la isoterma 24°C, mientras que el más bajo corresponde a la de 14°C; que se sitúa alrededor de la localidad de Surutato; misma que se ubica en la zona de mayor altitud dentro de la entidad.

PRECIPITACION

La precipitación ocurre de manera irregular a lo largo del año; los registros pluviométricos promedian anualmente valores que aumentan del norte hacia el sur y conforme se asciende de la costa a la sierra, siendo las precipitaciones medias máximas mensuales entre los meses de julio y octubre misma que representa el 84% de la precipitación total anual, los volúmenes de menor precipitación se presentan de febrero a mayo y significan el 3% de volumen total anual.

LLanura Costera del Pacífico; en esta porción del estado, las isoyetas se presentan en forma paralela a la costa y se incrementan de oeste a este.

En la porción noroeste y centro de esta provincia las precipitaciones van de 200 hasta 700 mm., mientras que en la franja de la porción sureste los valores sobrepasan a los 1000 mm.

Sierra Madre Occidental; la variación de isoyetas sigue la misma tendencia que en la Provincia LLanura Costera del Pacífico salvo en algunas áreas de mayor elevación.

En la porción noroeste de esta provincia, el rango de precipitación es de 600 mm. hasta 1000 mm.; mientras que en la parte sureste el rango varía de 800 hasta más de 1500 mm. (Figura 3.3).

EVAPORACION

La evaporación cambia a medida que se asciende de la costa hacia la sierra; la evaporación media anual oscila entre 1369 y 2418 mm., siendo la estación Surutato (Tabla 3.1) la que registra el valor mínimo y la estación Huites ubicada en el municipio de Choix (Tabla 3.1) la que registra el valor más alto; las variaciones de la temperatura y precipitación son las principales variables que determinan la evaporación potencial. (Ver Tabla 3.1).

VIENTO

El viento dominante en la entidad es de dirección suroeste al noreste, excepto en el área de Culiacán donde impera de dirección noroeste, la intensidad de los vientos fluctúa entre 8 y 16 km/h. la ocurrencia de vientos huracanados es de 1.25 veces por año y un 80% de ellos penetra al continente para desvanecerse en las proximaciones con la Sierra Madre Occidental.

Los ciclones que tienen su origen en la primera zona matriz localizada en el Golfo de Tehuantepec; esta zona generadora comienza su actividad la última semana de mayo; no obstante, los meteoros que llegan afectar la franja costera de la entidad son los producidos en el mes de julio en adelante. Estos fenómenos describen una trayectoria parabólica en virtud de la forma del litoral del Pacífico, por lo general el movimiento es paralelo a la costa y, según estadísticas, tienen su máxima actividad durante el mes de septiembre. Cuando se presentan estos fenómenos, causan trastornos a la navegación marítima hasta el grado de interrumpirla temporalmente ocasionando a su vez fuertes avenidas e inundaciones año tras año.

CORRIENTES MARINAS

La plataforma continental presenta un fondo marino, con declive de norte a sur y costas de carácter arenoso, delimitadas por un talud de origen tectónico, resultante de una sumersión continental. En la plataforma continental se presentan tres tipos de corrientes marinas de importancia: la corriente fría de California, con flujo hacia el sur, la corriente cálida del Pacífico de tipo tropical, que fluye hacia el noroeste y la corriente de agua cálida del Golfo de California que fluye de manera intermitente, el efecto climatológico de las corrientes antes mencionadas sumado con el efecto de la temperatura y los vientos, ocasionan la circulación de las aguas frente a las costas del estado, lo que viene a constituir uno de los factores determinantes de la planicie costera. Las corrientes superficiales son el resultado de la acción de los vientos que fluyen de enero a abril con dirección sur, mientras que en junio tienen dirección variable y a partir del mes de agosto fluyen en dirección norte.

3.3 CONSECUENCIAS HIDROLOGICAS DEL REGIMEN CLIMATICO

Como ya se ha descrito, el estado por su posición geográfica se ve afectado por fenómenos meteorológicos tales como ciclones tropicales frentes fríos y corrientes convectivas; todo ello tiende a provocar precipitaciones intensas. Para el control de dichas avenidas se cuenta con 9 presas principales (Cuadro 5.1), las cuales han operado con eficiencia en caso de precipitaciones intensas, aguas arriba de las mismas. Las emergencias ocurren principalmente, por la presencia de ciclones y huracanes que generan gran cantidad de lluvias aguas abajo de las presas provocando fuerte escurrimientos que sin control inundan zonas urbanas y agrícolas. Otra consecuencia de la cercanía al mar y en menor proporción la evaporación que se registra en la región, se han desarrollado suelos con altas cantidades de sales y sodio a lo largo de la línea costera, lo que hace necesario un mayor esfuerzo para la incorporación de estos terrenos a la producción agrícola.

Capítulo 4. Geología

Las unidades litológicas existentes en el estado de Sinaloa comprenden un rango geocronológico que varía del Precámbrico al Reciente (Plano 4.1). Presentándose en orden de abundancia las ígneas extrusivas e intrusivas, sedimentarias y de menor ocurrencia son las metamórficas.

4.1 ESTRATIGRAFIA

PRECAMBRICO

Las rocas precámbricas en la entidad han sido denominadas como complejo metamórfico Sonobari (De Cserna y Kent, 1961), se consideran parte del basamento de esta porción del país y consisten en una secuencia de rocas afectadas por metamorfismo regional, tales como gneis, gneis anfibolítico, pegmatita y migmatita con biotita y epidota; la secuencia se presenta intrusionada y deformada por diques y cuerpos pegmatíticos.

Esta unidad se encuentra claramente expuesta en la sierra San Francisco, al norte de la entidad. Subyace discordantemente a rocas clásticas y volcánicas de edad terciaria y sedimentos recientes.

PALEOZOICO

Dentro de esta Era se tienen rocas afectadas por metamorfismo regional pertenecientes a la facies de esquistos verdes, intrusionadas por pórfidos andesíticos y levantadas tectónicamente por la roca granodiorítica del Cretácico. Fueron correlacionadas con la secuencia del Paleozoico Superior del Geosinclinal Cordillerano (Rodríguez y Córdoba, 1977) o Fosa Sonorana (Fries, 1962). Se ubican al oeste y sureste de la presa Miguel Hidalgo y al oeste de la presa Sanalona. Se infiere que al contacto inferior es de tipo tectónico con el complejo Sonobari del Precámbrico, mientras que el contacto superior se caracteriza por ser o bien una discordancia erosional o un contacto tectónico con rocas metamórficas del Mesozoico o con rocas volcánicas y volcanoclásticas del Cenozoico.

Las rocas sedimentarias del Paleozoico están representadas por calizas con intercalaciones de lutitas metamorfizadas, en horizontes delgados y medianos, la unidad se encuentra deformada, intensamente fracturada y cortada por diques básicos metamorfizados. Se le asignó una edad correspondiente al Paleozoico Superior debido a la presencia de fusulinidos (Rodríguez

y Córdoba, 1977). Se localiza al norte de la localidad de Bacubirito y subyace discordantemente a rocas volcánicas del Cretácico y Terciario, en tanto su contacto inferior no ha sido determinado.

MESOZOICO

Al Mesozoico corresponde un complejo metamórfico constituido por rocas volcánicas básicas, intermedias y ácidas con piroclásticos, afectadas por procesos de metamorfismo regional y posteriormente de contacto. Afloran al norte de Chinobampo, noreste de Badiraguato y norte y noreste de Mazatlán. Esta unidad cubre discordantemente a la secuencia sedimentaria del Paleozoico y su contacto superior es paralelo a las rocas calcáreas del Cretácico, aunque probablemente existe una discordancia erosional.

La secuencia marina del Cretácico se compone por una alternancia de calizas y estratos delgados de lutitas. Frecuentemente la caliza presenta karsticidad y recristalización por efecto del intrusivo granítico que la emplazó. Rodríguez y Córdoba (1978) reportaron la presencia de rudistas en algunas localidades de la entidad. Estas rocas se encuentran diseminadas a lo largo de Sinaloa en afloramientos de poca extensión, al parecer sobreyace en forma concordante al complejo metamórfico Mesozoico y subyacen discordantemente a los cuerpos intrusivos del Cretácico Superior, así como al paquete volcánico del Terciario.

Durante el Cretácico Superior - Terciario Inferior ocurrieron un conjunto de emplazamientos ígneos que forman parte del Batolito de Sinaloa y representan un proceso de diferenciación magmática originado durante su formación (Silver y Anderson, 1978).

Las rocas que forman a este batolito son, en orden de abundancia; granodiorita, granito, tonalita, diorita y monzonita, éstas afectan a las secuencias paleozoica y mesozoica y se encuentran frecuentemente cubiertas por las unidades volcánicas del Terciario. Están expuestas en una franja de orientación NW-SE hacia la parte oriental del estado, aunque en el extremo sur se localizan en la porción occidental.

CENOZOICO

El episodio magmático que inició a fines del Cretácico y continuó durante el Terciario Inferior - Medio fue el

responsable de la edificación del principal rasgo orográfico del noroeste del país: la Sierra Madre Occidental. Este conjunto montañoso está compuesto por dos importantes secuencias ígneas cuyo contacto marca un período intermedio de calma volcánica (Mc Dowell y Clabaugh, 1979). La secuencia más antigua la constituyen esencialmente rocas volcánicas intermedias y cuerpos ígneos, cuyas edades fluctúan entre 100 y 45 millones de años. La más reciente está formada por ignimbritas riolíticas y riódacíticas, ligeramente basculadas y con edades que varían entre 34 y 27 millones de años. Estas rocas se distribuyen ampliamente en toda la parte oriental del estado, sobreyacen discordantemente a rocas de otras eras y cubren antiguas estructuras.

Asociadas a la secuencia volcánica del Oligoceno - Mioceno se tiene una alternancia volcanoclástica arrítmica de arenisca y toba riolítica depositadas en un ambiente continental. La arenisca es de grano fino a medio y la toba presenta fragmentos de roca ácida en una matriz vítrea, observándose en ella pseudoestratificación. Se encuentran formando lomeríos en una franja de orientación NW-SE hacia la parte central y norte de la entidad.

La parte superior de la secuencia volcánica en el estado de Sinaloa está constituida por brechas y derrames basálticos con fracturamiento, que varía de moderado a intenso, en forma de bloques, sobreyacen a rocas del Oligoceno-Mioceno y depósitos del Terciario Superior, presentando una morfología de mesetas y aparatos volcánicos. Se localizan en los alrededores de la presa Miguel Hidalgo, margen derecha de la presa Adolfo López Mateos, en el área de Topolobampo y al norte de Mazatlán.

Los depósitos continentales sedimentarios del Terciario Superior están estructurados principalmente por conglomerados y arenisca y en menor cantidad por lutita y limolita. El conglomerado es polimíctico, integrado por fragmentos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; la arenisca presenta variaciones de grano fino a medio; y la lutita y limolita se presentan intercaladas en estratos delgados dentro de la unidad sedimentaria. Estos sedimentos se encuentran de moderadamente a bien compactados, forman lomeríos disectados, sobreyacen a las unidades litológicas anteriormente descritas y se distribuyen por todo el estado.

Por último, se tiene la unidad cuaternaria compuesta por suelos de origen aluvial, eólico, litoral, lacustre y palustre. El material aluvial es el más difundido, consta principalmente de gravas, arenas, limos y arcillas, presenta potentes espesores en la llanura costera del norte y centro del estado, disminuyendo éstos hacia la porción oriental. El resto de los suelos se ubican a lo largo de línea costera.

4.2 GEOLOGIA HISTORICA

PRECAMBRICO

El complejo metamórfico Sonobari se conforma a partir de un evento de metamorfismo regional de medio a alto grado, formando así el basamento del área y conformando parte del Cratón Norteamericano.

PALEOZOICO

Durante esta eratema, prevaleció una sedimentación de ambiente marino somero y de baja energía, lo que indica un tectonismo pasivo, evolucionando desde la apertura continental iniciada en el Precámbrico. Así esta sedimentación paleozoica se vió interrumpida por la tectónica compresiva del Pérmico-Triásico (Stewart, 1988), induciéndole plegamiento y deformación, siendo contemporáneo a los del Margen Cordillerano y Apalachano de Estados Unidos.

MESOZOICO

El inicio del Mesozoico se caracterizó por una etapa de relajamiento tectónico, es decir de apertura, con una sedimentación palustre-deltaica tipo grupo Barranca. Hacia la mitad del Mesozoico, en el flanco oeste se inicia y desarrolla un proceso de subducción asociado con una litología vulcanosedimentaria que representa la prolongación del arco Alisitos (Rangin, 1978), mientras al este la transgresión marina aumenta y se consolida a finales del Mesozoico, dicha transgresión es consecuencia de la evolución del rift que forma la cuenca de depósito de la secuencia clasto-carbonatada del grupo Bisbee y que más tarde daría origen al Golfo de México (Coney, 1983). A diferencia de las rocas carbonatadas del Cretácico Inferior, todas las secuencias mesozoicas presentan algún grado de metamorfismo y deformación, incluyendo las secuencias jurásicas cabalgadas por rocas paleozoicas; lo anterior indica la importancia de los fenómenos compresionales en el área, permitiendo atribuirlos al sistema Orogénico Mesocretácico (Rangin, 1978). Durante el Cretácico Superior-Terciario Inferior imperó un ambiente magmático y mayoritariamente intrusivo, resultado de la geodinámica de subducción en el margen Pacífico (Dickinson, 1981), formando parte del ciclo orogénico Laramide (Radalli, 1985).

CENOZOICO

En el Terciario Medio, se presenta un masivo vulcanismo félsico, formando la estructura de la Sierra Madre Occidental. Tectónicamente este vulcanismo es la expresión del decaimiento de los esfuerzos compresivos y la evolución a un sistema distensivo (Cochemé, 1985).

El evento distensivo es evidente en el Terciario Superior, representado por el fallamiento normal de orientación NNW-SEE, su geomorfología de horst y grabens, permitió ciclos erosivos y una sedimentación clástica continental con actividad volcánica asociada, siendo correlacionada en parte con la formación Baucarit

de Sonora. Geohidrologicamente este evento distensivo heredó estructuras que hoy día controlan en alguna medida la dirección del flujo del agua, sean subterráneas o superficiales; así mismo su litología asociada presenta permeabilidad moderada. A fines del Terciario aparece un sistema de fallamiento lateral sobre terreno continental, dando lugar a la formación del Golfo de California.

CUATERNARIO

El fallamiento lateral iniciado en el Terciario continua manifestándose en el Cuaternario, sus estructuras profundas permiten la emanación de lavas máficas. Así mismo durante el Cuaternario hasta la actualidad se ha caracterizado por la formación de diferentes tipos de suelos y depósitos aluviales, que hidrológicamente son las unidades de mayor importancia (Plano 4.2).

4.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Gran parte de Sinaloa expone rasgos estructurales heredados de la tectónica distensiva del Terciario, mientras características estructurales más antiguas son registradas en los esporádicos y dispersos afloramientos rocosos del Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico.

Las estructuras registradas del Precámbrico son la foliación de orientación NE-SW que presentan los afloramientos del complejo metamórfico Sonobari, símbolo del metamorfismo regional de medio a alto grado que le dió origen, siendo evidencia de la colisión de placas tectónicas durante la conformación del Cratón Norteamericano.

La deformación y metamorfismo de las secuencias paleozoicas, indican que estas estuvieron sujetas a esfuerzos compresionales entre el Paleozoico e inicios del Mesozoico; mientras la deformación, metamorfismo y la sobreposición estructural del Paleozoico sobre el Jurásico, implican la actividad de un ciclo orogénico ocurrido en el Cretácico Medio, cuyo fallamiento inverso presenta vergencia al NE.

A diferencia de las rocas carbonatadas del Cretácico, las demás unidades litológicas del Mesozoico, pertenecen a cinturones vulcanosedimentarios y arcos magmáticos con orientación estructural NW-SE, controlados por los diferentes estados evolutivos del proceso de subducción del margen Pacífico. Las rocas volcánicas del Terciario Medio marcan el final de movimientos convergentes y el inicio de un sistema distensivo, estructuralmente es explicable por la subducción de la dorsal del Pacífico de esfuerzo extensional bajo la corteza continental, creando dos rasgos estructurales importantes: los primeros representados por familias de fallas normales y fracturamiento asociado con orientación NNW-SSE, N-S y NNE-SSW. Mientras los segundos pertenecen a fallamiento lateral que conllevó a la for-

mación del Golfo de California, a nivel continental no son apreciables dichas fallas, pero las emanaciones cuaternarias de material volcánico máfico, confirman estructuras de debilidad relativamente profundas.

Estructuralmente las unidades litológicas del Precámbrico hasta Terciario Medio, son consideradas como unidades consolidadas de baja permeabilidad y que actúan como barreras al flujo del agua subterránea. La existencia de manantiales que fluyen de estas unidades litológicas, da evidencia de unidades de permeabilidad considerable, sea primaria o secundaria capaz de retener y transmitir el agua.

Las estructuras del evento distensivo revisten capital importancia, en cierta medida controlan el flujo del agua, tanto en el subsuelo como en superficie además de que sus grabens dan hospedaje a rocas clásticas de permeabilidad media capaces de conformar acuíferos de bajo rendimiento.

La porción costera de Sinaloa es dominada por una geomorfología madura, con un paisaje típico de valles, llanuras y lomeríos bajos, donde dominan los depósitos aluviales que son los más propicios para la acumulación del agua subterránea y el desarrollo de la actividad agrícola.

4.4 UNIDADES GEOHIDROLOGICAS

Con la finalidad de evaluar mejor las características en cuanto a la distribución, movimientos y usos del agua subterránea es menester un análisis de las diferentes unidades geohidrológicas localizadas en el estado, ello en función de la naturaleza y propiedades de los materiales que la conforman, lo que facilita la agrupación en razón de sus posibilidades de contener agua.

Las unidades geohidrológicas se agruparon en materiales consolidados y no consolidados; con posibilidades altas, medias y bajas, dicha clasificación además de mostrarnos los grupos susceptibles de contener agua, también nos permite delimitar el funcionamiento hidrológico de cada unidad.

UNIDAD DE MATERIAL CONSOLIDADO CON POSIBILIDADES BAJAS:

Se localiza principalmente en la zona montañosa y en pequeños afloramientos dentro de los amplios valles (Plano 4.2); ofrecen en general condiciones totalmente desfavorables para la constitución de acuíferos, debido a su naturaleza física impermeable o de baja permeabilidad; sin embargo es posible señalar algunas diferenciales dentro de este ámbito: en las mesetas y sierras altas, el fracturamiento existente en basaltos, tobas y derrames riolíticos da lugar a un reducido grado de infiltración superficial, que se manifiesta en la aparición de pequeños manantiales, sin embargo la mayoría de estas fracturas se hayan rellenas por material

arcilloso, en virtud de su antigüedad. A este factor cronológico desfavorable, se suma, la posición y topografía que determinan su funcionamiento como zona de recarga cuando están en contacto con material aluvial: fenómeno éste, que cobra especial relevancia en la llanura costera y sus zonas aledañas. Las rocas que constituyen a esta unidad son: metamórficas paleozoicas y mesozoicas, volcanosedimentarias jurásicas, ígneas intrusivas y extrusivas del Cretácico Superior y Terciario Inferior, asociaciones clásticas que varían en edad del Cretácico Inferior al Terciario Superior y algunos derrames y brechas volcánicas que varían en su composición de básicas a intermedias con un alcance estratigráfico del Terciario Superior al Cuaternario.

UNIDAD DE MATERIAL CONSOLIDADO CON POSIBILIDADES MEDIAS:

Se encuentra dispersa en distintas porciones del estado, (Plano 4.2) desde la línea de costa hasta las estribaciones de la Sierra Madre Occidental. Está constituida por rocas sedimentarias del Terciario, tales como: intercalaciones de arenisca - conglomerado - limolita, arenisca y arenisca y conglomerado en asociación. Estas rocas presentan diferente grado de compactación y están depositadas en capas que varían de delgadas a medianas, esta unidad funciona como roca almacenadora y de recarga.

MATERIAL CONSOLIDADO CON POSIBILIDADES ALTAS:

Esta unidad se haya distribuida de manera restringida en el noroeste del estado de la Sierra Madre Occidental (Plano 4.2), se constituye principalmente por conglomerados con fragmentos gruesos, poco cementados; el cementante está constituido por limos y arenas. La granulometría de la roca facilita la infiltración del agua; y la presencia de rocas impermeables adyacentes dan lugar a la conformación de esta unidad.

MATERIAL NO CONSOLIDADO CON POSIBILIDADES BAJAS:

La principal distribución de esta unidad se encuentra

localizada en la faja litoral y depósitos fluviales con corrientes típicamente intermitentes, son de espesor reducido y de extensión limitada, dando como resultado que la recarga y el almacenamiento sea mínimo, funcionan como materiales transmisores del agua hacia cotas más bajas. Los depósitos intermontanos están compuestos por materiales arcillosos y conglomeráticos, donde predominan minerales de alteración de rocas ígneas extrusivas, también en esta unidad se incluyen los escasos afloramientos de origen lacustre, así como los sedimentos formados en la zona costera y sedimentos litorales y eólicos del Reciente constituidos por arenas de grano fino y fragmentos de rocas volcánicas.

MATERIAL NO CONSOLIDADO CON POSIBILIDADES MEDIAS:

Esta unidad se encuentra en la porción sureste del estado (Plano 4.2) cerca de la línea de costa; está constituido por materiales deleznable del Reciente su composición es heterogénea y proviene del material volcanosedimentario Jurásico asociaciones sedimentarias de roca del Cretácico y material volcánico rico en sílice del Terciario Superior. El tamaño del grano varía de arcilla a grava y su compactación va de no cementados a semiconsolidados.

UNIDAD DE MATERIAL NO CONSOLIDADO CON POSIBILIDADES ALTAS:

Se haya ampliamente distribuida en todo el estado (Plano 4.2), corresponde a la planicie Costera del Pacífico; incluye la zona de los principales asentamientos humanos en el estado; está conformada por depósitos recientes no compactados; gravas y arenas principalmente, con limos y en menor proporción arcilla. Esta litología presenta condiciones idóneas para constituir acuíferos; debido a la ausencia de cementante y a la potencia de sus espesores lo que ha propiciado un alto grado de permeabilidad. En esta unidad se localizan las principales zonas geohidrológicas en explotación (Capítulo 6).

Capítulo 5. Hidrología Superficial

En los apartados precedentes se describió el marco físico de la entidad y su panorama demográfico, ambos enlazados en el acontecer en el ciclo hidrológico de la entidad. Corresponde ahora la descripción del comportamiento del agua superficial, tomando como referencia dos aspectos fundamentales: en primer término se aludirá al análisis de la red hidrográfica como elemento natural y como segundo aspecto la descripción de las obras y actividades que lleva a cabo el hombre para la utilización del recurso.

El inicio lo constituye el encuadre del estado con la división hidrológica de la República Mexicana hecho por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y adecuada por la Dirección General de Geografía (INEGI): a fin de estudiar cada región hidrológica de manera más detallada, es necesario recurrir a otro nivel de información que es el de cuenca (Figura 5.1). A partir del análisis por cuenca se otorga una mejor descripción de las características hidrológicas del medio, así como de su infraestructura, lo que permite dimensiones de manera más real la capacidad potencial de escurrimiento.

La zonificación de la entidad de acuerdo a un rango de escurrimiento *constituye un medio clave en la captación de Agua Superficial.

5.1 PANORAMA GENERAL DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL ESTADO DE SINALOA

La entidad está enmarcada en las siguientes regiones hidrológicas: 10, Sinaloa y 11, Presidio-San Pedro; las cuales forman parte de la Vertiente Occidental (Plano 5.1).

De las anteriores regiones hidrológicas, la de mayor importancia para el estado es la número 10, Sinaloa; localizada al noroeste del país, misma que abarca los estados de Durango, Chihuahua y Sonora, que en ella queda incluidas todas las corrientes que descargan en el Océano Pacífico, desde los 23° 25' hasta 25° 48' Latitud Norte; dentro del estado de Sinaloa las corrientes principales corresponden a los ríos: Quelite, Piaxtla, Elota, San Lorenzo, Culiacán, Tamazula, Humaya, Mocorito, Sinaloa y Fuerte, entre otros. Presentan una

* El escurrimiento se determina a partir de un método indirecto empleado por el Departamento de Hidrología de la Dirección General de Geografía. (Descripción y uso apartado 5.4).

dirección en términos generales de noreste a suroeste hasta desembocar al Océano Pacífico, o en el Golfo de California. Dichas corrientes se originan en el flanco oeste de la Sierra Madre Occidental o bien en las estribaciones de dicho flanco.

Las principales corrientes fluyen en general por zonas con desniveles adecuados para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica, así como por zonas con una topografía propicia para la creación de vasos de almacenamiento y finalmente cuando traspasan la zona serrana y atraviesan la zona de llanuras, su uso se destina a la actividad agrícola.

La región hidrológica 10, presenta menor importancia que la anterior, debido a la poca extensión dentro del estado y a la escasa infraestructura hidráulica que presenta.

En la actualidad sin contar a almacenamientos menores, ni presas derivadoras se tienen un total de 13 presas siendo las de mayor importancia La Miguel Hidalgo (Mahome), Adolfo López Mateos y Sanalona (Cuadro 5.1 y Plano 5.3A, 5.3B, 5.3C). No obstante la infraestructura actual, puede decirse que no se ha alcanzado el completo desarrollo en el uso del recurso aguas superficiales, para ello se está llevando a la práctica el proyecto hidráulico de mayor trascendencia en el noroeste del país (SHINO*); la transferencia de agua del norte de Nayarit y sur de Sinaloa, para el riego de tierras con capacidad agrícola, tanto en el norte de Sinaloa y sur de Sonora; el proyecto contempla presas de almacenamiento, derivadoras, áreas para riego y obras de intercomunicación entre la cuenca, permitiendo así, un incremento en la superficie de cultivo de 940,000 ha., correspondiendo el 10% al estado de Nayarit, 30% a Sonora y el 60% al estado de Sinaloa para ello se empleará 1,200 millones de m³ anuales aproximadamente.

5.2 REGION HIDROLOGICA 10, SINALOA

Esta región abarca una superficie de 102,922.18 km²., por lo que se sitúa en el sexto lugar, atendiendo a la extensión de las demás regiones hidrológicas del país. En el estado de Sinaloa se encuentra su porcentaje mayoritario y corresponde al 46.17% (48079.15 km²), comprendiendo parte de todas sus cuencas. (Figura 5.2).

* Sistema Hidráulico del Noroeste

5.2.1 Cuenca del Río Fuerte (G)

Es la cuenca más importante de la región hidrológica 10, tanto por su extensión como por los escurrimientos que en ella se generan; abarca una área total de 33835.85 km²., de los cuales 6719.14 km²., pertenecen al estado de Sinaloa y su precipitación media anual es de 654.80 mm. Su geometría que presenta es de forma arqueada con orientación sureste-noroeste en su parte inicial y en el cierre presenta forma alargada con orientación al suroeste. (Plano 5.3A) La corriente superficial más importante de la cuenca es el río Fuerte.

Este colector empieza a recibir su nombre, después de la confluencia de los ríos San Miguel y Batopilas a 1.5 km., al norte del poblado de San Ignacio, en el estado de Chihuahua, hasta desembocar en el Golfo de California, su curso cubre una distancia de 310 km., con una pendiente media de 0.13%; sus afluentes principales son los ríos Urique, Septentrión y Chinipas, por la margen derecha teniendo la unión en la localidad de Huites, donde se desvía su curso hacia el sur y posteriormente recibir por la margen izquierda al río Choix, para aportar enseguida sus aguas a la presa Miguel Hidalgo, el río continúa su curso con dirección suroeste, sumándose otros afluentes importantes como es el caso del arroyo Baroten por la izquierda y posteriormente el arroyo Alamos por la margen derecha, en el cual se encuentra la presa Josefa Ortiz de Domínguez poco antes de su confluencia.

Sobre el mismo río agua abajo de la población de San Blas se encuentran las presas derivadoras Sufragio y Cahuinahua, posterior a las derivadoras el cauce del río se vuelve complicado por la serie de canales construidos y por los que continua hasta su desembocadura en la Bahía de Caracol.

El río San Miguel nace a 3,100 m.s.n.m. en el estado de Durango, en un punto común de los parteaguas de los ríos Culiacán y Nazas. Se inicia con el nombre de río Verde, entra al estado de Chihuahua con rumbo noroeste, donde recibe varios afluentes menores. El primer afluente de importancia es el río Turicochic, río de Los Loera; continua su rumbo oeste-noroeste, finalmente recibe el arroyo Baborigame y al Tenoriba para tomar el nombre de río San Miguel, haciendo un recorrido de 231 km., desde su inicio.

El río Batopilas, que es uno de los afluentes de río Fuerte, nace en el estado de Chihuahua y tiene una trayectoria hacia el noroeste, cambiando después con rumbo general hacia el suroeste; recibe en su recorrido la aportación de varios arroyos y continua hasta confluir con el colector general llamado en este tramo río San Miguel.

En la cuenca del río Fuerte existen 42 estaciones hidrométricas distribuidas estratégicamente, en lo que

corresponde al estado de Sinaloa se tienen 38 estaciones, las de mayor importancia son: la estación San Francisco, ubicada en el río Fuerte y es la que registra el caudal de entrada hacia el estado de Sinaloa, al cual se le estima un volumen medio anual de 2490.57 millones de m³.; estación Palo Dulce ubicada sobre el río Chinipas, registra la entrada de esta corriente en la entidad con un volumen medio anual de 983.16 millones de m³.; procedentes del estado de Chihuahua; estación Cazanate, sobre el arroyo Alamos, la cual registra un volumen medio de 1 18.92 millones m³/año, proveniente de Sonora; estación Las Cañas sobre el río Fuerte 3 km. aguas abajo de la Presa Miguel Hidalgo que registra un volumen medio anual de 4129.49 millones de m³ y por último se tiene la estación San Miguel Z. sobre el río Fuerte que nos da información referente al gasto de agua que va a desembocar al Golfo de California que es de 1,248.39 millones m³/año (Plano 5.3A, Tabla 5.2. y 5.4).

Las principales obras hidráulicas de la cuenca del río Fuerte son las presas Miguel Hidalgo sobre el río Fuerte y la Josefa Ortiz de Domínguez en el arroyo Alamos, la presa Huites (en construcción) y de menor importancia las presas Sicae y Cahuinahua (Plano 5.3A, Cuadro 5.1).

En la parte baja de la cuenca se ubican los distritos de riego 076, Valle de Carrizo con una superficie aproximada de 42.80 has., y el 075 río Fuerte con una superficie de 326.57 has., correspondientes a los municipios de Ahome, El Fuerte y Sinaloa de los Leyva; los principales cultivos son trigo, frijol, sorgo, soya, maíz, arroz y hortalizas (Figura 5.5. y Cuadro 5.1.)

El Agua Superficial se destina preferentemente al uso agrícola y de menor escala están los usos domésticos, industrial y pecuario.

Para la porción de la cuenca perteneciente al estado de Sinaloa, se cuantificó un escurrimiento anual de 550.05 millones de m³., procedentes de un volumen medio precipitado de 4399.73 millones de m³/año y un coeficiente de escurrimiento de 12.51% (Tabla 5.6 y Plano 5.4).

5.2.2 Cuenca Estero Bocorehuís (H)

Se encuentra en el noroeste de Sinaloa entre los límites con Sonora y al noroeste de la región hidrológica 10, con una superficie total de 3769.36 km²., dentro de la entidad esta cuenca tiene una extensión de 1897.76 km²., con una precipitación total anual promedio de 346.09 mm. y una pendiente general baja.

Los rasgos hidrográficos dentro del estado están constituidos por una gran cantidad de arroyos de corta trayectoria y pequeños cauces que se pierden antes de desembocar al Golfo de California.

El uso exclusivo para este recurso propicia el desarrollo de las labores pecuarias el volumen medio anual precipitado en la entidad es de 656.80 millones de m³., con un coeficiente de escurrimiento de 2.72%, la escorrentía disponible para esta zona es de 17.85 millones de m³/año (Tabla 5.6 y Plano 5.4).

5.2.3 Cuenca Bahía Lechuguilla-Ohuira-Navachiste (F)

Con una superficie de 4038.37 km² localizada al noroeste de la región hidrológica 10 y al noroeste del estado de Sinaloa, con una precipitación total anual promedio estimada de 330.136 mm y con una pendiente general baja, posee forma triangular, se encuentra limitada en la parte norte-noroeste por la cuenca del río Fuerte, hacia la parte oriental por la cuenca del río Sinaloa, de la misma región hidrológica y por la porción suroeste por el Golfo de California. En esta cuenca se originan varios escurrimientos de longitud restringida y de poca importancia que derivan su caudal hacia la cuenca Bahía Lechuguilla-Ohuira-Navachiste (F). En esta cuenca no se encuentra ninguna estación hidrométrica y la infraestructura hidráulica se restringe a la red de canales y drenes para irrigación, que en algunos casos drenan hacia cuerpos de agua interiores como la Laguna de Jupabampo. En gran parte de la cuenca se encuentran asentados los distritos de riego 075, río Fuerte y el 063, Guasave pertenecientes a los distritos de Ahome y Guasave. Los cultivos más importantes en esta zona son: trigo, soya, sorgo, maíz, algodón, hortalizas entre otros. (Cuadro 5.5. y Figura 5.5).

El empleo primordial del agua superficial es para uso agrícola seguido por el doméstico, industrial y pecuario. Considerando las características hidrológicas de la cuenca se evaluó un coeficiente de escurrimiento de 5.56%, con un volumen medio anual precipitado de 1333.20 millones de m³., que relacionado con el coeficiente de escurrimiento, determina un volumen drenado de 74.08 millones de m³., anuales (Tabla 5.6 y Plano 5.4).

5.2.4 Cuenca del Río Sinaloa (E)

Posee una superficie total de 12499.74 km² de los cuales 8280.12 km²., se encuentran dentro del estado de Sinaloa; existe en esta porción de la cuenca una precipitación media anual de 799.37 mm. una pendiente general que varía de alta a media a excepción de la zona de planicie donde se considera baja; la geometría de esta área asemeja una escuadra; la corriente superficial de mayor importancia es el río Sinaloa, que tiene su origen en la Sierra Madre Occidental dentro del estado de Chihuahua. Su curso es sinuoso y después de atravesar el estado de Sinaloa desemboca en el Golfo de California con el nombre de río Sinaloa; este río nace al sur de la población de Guadalupe y Calvo, al unirse numerosos arroyos, dando origen al arroyo Mohinora,

río Santo Domingo y río Basonapa, recibiendo entonces el nombre de río Petatlán, aguas abajo de la confluencia del río Basonopita; a la altura del poblado Toahayana, cambia su dirección hacia el suroeste y de aquí en adelante se le denomina río Sinaloa. Durante su recorrido recibe tributarios en los que se puede mencionar los arroyos Los Molinos y San José de Gracia que hacen unión al desembocar en la presa Gustavo Díaz Ordaz. Posteriormente pasa por las poblaciones de Bacubirito y Sinaloa de Leyva y en la zona baja recibe la confluencia por la margen derecha del arroyo Cabrera y el río Ocoroni en la ciudad de Guasave, para seguir su curso hasta desembocar en la bahía Perihueté (Golfo de California), con un recorrido total de 350 km², y una pendiente de 0.19% la cuenca cuenta con 11 estaciones hidrométricas distribuidas la mayor parte de ellas en el río Sinaloa. La estación Toahayana ubicada cerca a los límites con Chihuahua y Sinaloa reportó de 1958-1973 un volumen medio de 1,035.72 millones de m³., anuales; de la estación Jaina, que se encuentra aguas abajo de la presa Gustavo Díaz Ordaz se obtuvo información de un volumen medio anual de 1,314.63 millones de m³., mientras que la estación Naranja ha registrado un volumen medio anual de 17.49 millones de m³., durante el período 1939-1981, esta se halla instalada sobre el río Ocoroni a 5 km², del poblado El Naranja (Plano 5.3A; 5.3B y Tabla 5.2).

Las obras hidráulicas de mayor importancia son las presas Gustavo Díaz Ordaz en el río Sinaloa; Cabrera de Insunza, sobre el arroyo Cabrera y la presa Guillermo Blake Aguilar en el río Ocoroni (Plano 5.3A, Cuadro 5.1.)

El distrito de riego 063, Guasave se localizó en la parte baja de la cuenca con una superficie de 98.69 has., en los municipios de Guasave y Sinaloa de Leyva, contando con una red de canales distribuidos en todo el distrito, los cultivos principales son: sorgo, trigo, algodón, maíz, frijol, hortalizas y árboles frutales (Figura 5.5 y Cuadro 5.5).

El agua superficial su empleo fundamental es el uso agrícola y en menor escala están los de uso pecuario e industrial. La cuantificación del recurso agua en la cuenca del río Sinaloa arrojó un volumen medio precipitado de 6618.99 millones de m³., anuales y un coeficiente de escurrimiento de 13.64%, lo que representa un volumen total escurrido de 403.05 millones de m³. (Tabla 5.6 y Plano 5.4).

5.2.5 Cuenca del Río Mocorito (D)

Se localiza en la parte central de la entidad, abarca un área de 7171.47 km² con una ocurrencia de precipitación media anual de 626.90 mm. y una pendiente general baja. El río Mocorito representa la corriente principal de esta cuenca, tiene su origen a 7 km, al noroeste del poblado El Terrero, en el cerro San Pedro en Sinaloa con una altura 1950 m.s.n.m., recorre

180 km., desde su inicio hasta su desembocadura, presentando una pendiente media de 1.77% con dirección preferencial noreste-suroeste.

En su nacimiento se le conoce como río Evora y fluye con una dirección suroeste hasta el poblado de Mocorito, teniendo varios afluentes en este tramo, como lo es el arroyo Grande, arroyo Los Chinos y otros de menor importancia por su margen izquierda. Posteriormente cambia su rumbo hacia el oeste, teniendo conexión con el arroyo El Mezquite por la margen derecha, aguas abajo del poblado de Mocorito. Las aguas pertenecientes a esta corriente son retenidas en la presa Eustaquio Buelna; de ahí el río cambia su curso hacia el suroeste hasta su desembocadura con el Golfo de California.

En la cuenca se hallan 3 estaciones hidrométricas, la de mayor importancia es la estación Guamúchil, que se encuentra ubicada aguas abajo de la presa Eustaquio Buelna y consigna un volumen medio anual de 101.55 m³, durante el período de 1963-1981 (Plano 5.3B y Cuadro 5.1).

La infraestructura hidráulica de la cuenca está representada por la presa Eustaquio Buelna (Ver Plano 5.3B. y Cuadro 5.1) y parte del distrito de riego 010, mismo que se halla en la parte de la cuenca; los cultivos principales son: trigo, maíz, frijol, hortalizas, soya y frutales (Figura 5.5 y Cuadro 5.1).

El uso primordial es agrícola, pasando en segundo orden industrial, pecuario y doméstico para esta cuenca se obtuvo un coeficiente de escurrimiento medio de 10.57% de un volumen medio anual precipitado de 4519.16 millones de m³, que determinan un volumen drenado de 477.89 millones de m³. (Tabla 5.4).

5.2.6 Cuenca del Río Culiacán (C)

Después de la cuenca del río Fuerte, esta cuenca ocupa el segundo lugar en cuanto a tamaño de área drenada, dentro de las que constituyen la región hidrológica 10, su forma asemeja un cuadrilátero irregular que colinda al norte con las cuencas de los ríos Sinaloa y Fuerte; por el este con la región hidrológica número 36 (Cuenca del río Nazas); por el sur con la cuenca del río San Lorenzo al occidente con las cuencas de varios ríos menores. Tiene un área de 19150.49 km², de los cuales 9143.49 km², pertenecen al estado de Sinaloa. En esta porción se ha determinado una precipitación media de 706.65 mm., la corriente principal de esta cuenca es el río Culiacán, el cual es conformado por dos grandes ríos que son; río Humaya y Tamazula, que se unen en la ciudad de Culiacán, hasta su desemboque en el Golfo de California con un recorrido de 82.8 km., y una pendiente media de 0.05% y una dirección general de este-oeste teniendo una ligera desviación al sureste en el poblado de Bachimeto hasta la localidad El Realito, en donde cambia su curso al suroeste hasta desembocar en el estero del Pabellón. La pendiente

general de la cuenca dentro del estado de Sinaloa es considerada de media a baja.

RÍO HUMAYA

De las dos corrientes principales que forman el río Culiacán; el río Humaya se considera como la corriente principal, teniendo en cuenta lo anterior, se establece como origen del río Culiacán, un sitio del estado de Durango denominado cueva del Negro a más de 3,100 m.s.n.m. en las faldas de los cerros Hamacuero y Galeana; desde su inicio hasta el poblado Valle de Topia (55 km.), la corriente toma varios nombres y a partir de este lugar toma el nombre de río Humaya, el río continúa su curso hasta el rancho Santa Cruz (49 km. aguas abajo del valle de Topia en Durango), en donde se le une un afluente muy importante por la margen derecha llamado río Colorado. El río Humaya aún debe de recorrer 67 km., en dirección oeste antes de entrar a Sinaloa, ya internado en la entidad, se vuelve sinuoso hasta la presa Adolfo López Mateos, donde tiene confluencia el río Badiraguato por la margen derecha que se inicia en el estado de Sinaloa a 2073 m.s.n.m. a 9 km. al norte del poblado de Surutato, presenta una trayectoria general hacia el sur con pendiente media de 1.59% y un recorrido total desde su inicio hasta el embalse Adolfo López Mateos de 107.5 km. La corriente sigue su curso después de la cortina con rumbo general hacia el sur, hasta la ciudad de Culiacán con un recorrido total 53 km., los afluentes en esta porción son de poca importancia y sólo merece mencionarse el arroyo Santa Lucía que conecta por la margen izquierda y el arroyo Grande que lo hace por la margen derecha del río Humaya a 15 km., aguas arriba de Culiacán. Dentro del área urbana ocurre la unión del río Humaya y el Tamazula conformando un recorrido total de 179 km., desde su inicio y la formación del río Culiacán propiamente dicho.

RÍO TAMAZULA

El nacimiento es al sureste de la localidad de Topia, Durango a 2300 m.s.n.m. y termina a 45 m.s.n.m. en la ciudad de Culiacán con una pendiente de 1.48% y una dirección preferente hacia el suroeste. Los afluentes principales que se unen por la margen derecha son el río Sianori, posteriormente hace su unión en la presa Sanalona el río Tomo; por la margen izquierda se le une el río Guadalupe de Urrea, al este de la población Pie de la Cuesta, seguidamente el río Vinatería, hasta desembocar a la presa Sanalona; aguas abajo de la misma el río resulta muy sinuoso hasta la ciudad de Culiacán, el recorrido desde la cortina hasta la unión con el río Humaya cubre una distancia de 45 km y hace un recorrido total desde su inicio de 152 km.

En la cuenca se hayan 18 estaciones hidrométricas, de las cuales 16 se encuentran en el estado de Sinaloa.

Las estaciones de mayor importancia son: La Tamazula, que permite conocer el volumen que entra a la entidad, procedente de Durango, la cual se ubica al noroeste de la presa Sanalona, cercano al límite entre Durango y Sinaloa; reporta un volumen medio anual de 588.26 millones de m³., en el período de 1963 a 1981; La Guatenipa II, se encuentra sobre la corriente del Humaya aproximadamente a 8 km., del límite estatal con Durango consigna un volumen medio anual de 1406.95 millones m³., la estación El Varejónal, ubicada aguas abajo de la presa Adolfo López Mateos reporta un volumen medio anual de 1969.57 millones de m³ en el período de 1967-1973 y la estación Sanalona que se encuentra ubicada bajo la presa del mismo nombre, reportó un volumen medio anual de 800.65 millones de m³., en los períodos de 1945 a 1973 (Plano 5.3B y Tabla 5.2).

En esta cuenca se cuenta con 2 obras hidráulicas importantes que son: La presa Adolfo López Mateos, que se encuentra en la confluencia del río Humaya y el río Badiraguato con una capacidad de almacenamiento de 3,160 millones de m³ y la presa Sanalona sobre el río Tamazula cuya capacidad de depósito es 845 millones de m³ (Plano 5.3B. y Cuadro 5.1).

El distrito de riego 010 Culiacán-Humaya-San Lorenzo, se localiza en la parte baja de la cuenca, cubriendo una superficie total de 272.59 has. abarcando parte de los municipios de Culiacán, Navolato, Angostura, Salvador Alvarado y Mocorito; los cultivos característicos de este distrito son: trigo, maíz, frijol, hortalizas, sorgo, caña y frutales (Figura 5.5. y Cuadro 5.5). Dentro de los usos principales del agua superficial destacan el uso agrícola, industrial, doméstico y pecuario. Para esta cuenca se obtuvo un coeficiente de escurrimiento medio de 12.55% y un volumen medio anual drenado de 810.90 millones m³ de un volumen medio precipitado de 6461.24 millones m³., (Tabla 5.6 y Plano 5.4).

5.2.7 Cuenca Río San Lorenzo (B)

Con una superficie de 12,012.84 km²., de los cuales 4121.25 km². Pertenece al estado de Sinaloa; esta parte de la cuenca posee una precipitación media anual de 636.20 mm. y una pendiente general de media a baja. Su forma es alargada, y se encuentra limitado en la parte norte por la cuenca del Río Culiacán; al sur por los Ríos Elota y Piaxtla; en el noreste-este por la cuenca del río Nazas y hacia el oeste por el Océano Pacífico, la corriente principal es el río San Lorenzo, que tiene su origen en la unión de los ríos remedios y San Juan de Camarones, misma que se lleva a cabo entre los cerros Espinazo del Diablo y el cordón El Bledal a 5 km., aguas arriba del rancho Igualamo en el estado de Durango, presenta una dirección al suroeste a lo largo de un cauce sinuoso haciendo un recorrido total de 158 km., hasta desembocar en el Océano Pacífico con una pendiente general de 0.25%. Durante su recorrido

tanto por la margen izquierda como derecha son de poca importancia, antes de su desembocadura en el Océano Pacífico sus aguas retenidas en la presa José López Portillo a 46 km., después de su inicio (Plano 5.3B Cuadro 5.1).

En la cuenca existe sólo una estación de aforo denominada Santa Cruz; ubicada sobre el río San Lorenzo bajo la presa José López Portillo, misma que reportó un volumen medio anual de 1621.37 millones de m³., en el período 1944-1980 (Plano 5.3B y Tabla 5.2). La porción suroeste del distrito de riego 010 Culiacán-Humaya-San Lorenzo, se incluye en esta cuenca, los cultivos principales son: trigo, maíz, frijol, hortalizas, sorgo y frutales (Figura 5.5 y Cuadro 5.5). El uso del agua superficial en la sierra es agrícola, siguiendo en importancia el pecuario y posteriormente el doméstico; considerando las características hidrológicas de la cuenca se evaluó un coeficiente de escurrimiento de 12.59% que relacionado con los 2621.96 millones de m³., anuales precipitados determinan un escurrimiento anual de 330.25 millones de m³. dentro del estado (Tabla 5.6. y Plano 5.4).

5.2.8 Cuenca Río Piaxtla-Río Elota-Río Quelite (A)

Se ubica en la porción sureste de Sinaloa y al suroeste de la región hidrológica 36, tiene una superficie total de 10444.10 km²., de los cuales 6707.63 km²., pertenecen a la entidad de Sinaloa la precipitación media anual de esta porción de la cuenca es de 815.93 mm.; la pendiente fluctúa de moderada a baja; los rasgos hidrológicos más sobresalientes son los ríos Elota, Piaxtla y Quelite.

Río Elota nace en el estado de Durango a 4 km. al noreste del rancho las Iglesias, donde hay una ramificación de la Sierra Madre Occidental. Inicia su recorrido con el nombre de río Habitas, en sentido oeste hasta un punto situado a 4 km., aguas abajo del poblado de Santa Ana, de ahí la corriente se interna a Sinaloa y desvía su curso hacia el sur, aguas abajo de la población de Cosalá, el río tiene una dirección hacia el sureste y recibe una afluente izquierda llamado arroyo La Boquilla, cuya unión se encuentra a 5 km., al norte del rancho Las Playitas, a partir de dicha confluencia toma el nombre de río Elota, sigue su rumbo al sur hasta llegar a la presa El Salto y de ahí sigue su curso hacia la localidad de Elota donde cambia su dirección al el suroeste hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. Posee una pendiente media de 0.33% y una longitud total de recorrido 90.5 km. desde el sitio donde toma el nombre Elota hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

El río Piaxtla tiene su origen en la Sierra Madre Occidental en la unión del río Miravalle con el río San Jerónimo a 12 km., al este del poblado Las Dimas, su trayectoria es de 175 km., con pendiente media de 3.89%

su dirección general es noreste-suroeste, recibe aportaciones del río Verde a 10 km., al noroeste de San Ignacio, río Las Trojas a 3 km. al oeste de San Ignacio y el arroyo el Palmerito por la margen derecha, el río la Silla se le une a la altura del poblado San Ignacio por la margen izquierda.

Río Quelite, este es el último río al sureste de la región hidrológica 10, tiene su origen a partir de varios arroyos que nacen en la porción occidental de la sierra Espinazo del Diablo, cubre una trayectoria de 75.5 km., hasta desembocar en el Océano Pacífico, posee una pendiente media de 1.39% con dirección hacia el suroeste; cuenta con pequeñas afluentes por ambas márgenes de los cuales ninguno tiene nombre conocido. En la cuenca existen 4 estaciones hidrométricas; la estación Acatitán que se encuentra sobre la corriente del río Elota, aguas abajo de la presa el Salto reporta un volumen medio anual de 396.30 millones de m³, durante el período 1955-1982; la estación Ixpalino sobre el río Piaxtla ubicada a 5 km., aguas arriba del poblado Ixpalino municipio de San Ignacio, Sinaloa consignó de 1953-1981 un volumen medio anual de 1428.57 millones de m³, la estación El Quelite sobre el río Quelite afora 93.70 millones de m³ anuales (Plano 5.3C. y Tabla 5.2).

La obra hidráulica de mayor importancia es la presa el Salto, sobre el río Elota (Plano 5.3C y Cuadro 5.1).

El distrito de riego 108 Elota Piaxtla se haya en la parte baja de la cuenca y pertenece a los municipios de Elota, San Ignacio y Culiacán, los principales cultivos son: maíz, frijol y sorgo (Figura 5.5. y Cuadro 5.5). El uso más común del agua superficial es el agrícola y en menor escala se tiene el pecuario, industrial y doméstico.

La evaluación del agua superficial está en función del volumen anual precipitado que es aproximadamente de 5492.9 millones de m³ calculándose un coeficiente de escurrimiento de 13.99% y un volumen total drenado de 765.71 millones de m³ (Tabla 5.6. y Plano 5.4.).

5.3 REGION HIDROLOGICA 11 (PRESIDIO-SAN PEDRO)

Está caracterizada por corrientes que descienden de los flancos de la Sierra Madre Occidental y desembocan en el Océano Pacífico, se encuentra ubicada en el noroeste del país, incluye parte de los estados de Nayarit, Durango y Sinaloa, tiene una superficie total de 52,000 km²., de los cuales 8425.26 km²., pertenecen a Sinaloa, la extensión de esta región dentro de la entidad corresponde a una gran parte de las cuencas de los ríos: Acaponeta, Baluarte y Presidio.

El régimen de escurrimiento de cada cuenca se caracteriza por tener más o menos definido tanto el período de avenidas como el de secas. El período de mayores escurrimientos se inicia generalmente con la

temporada de lluvias que inicia a partir de los últimos días de junio y principios de julio, terminando en el mes de octubre, siendo casi siempre el mes de septiembre el de mayor precipitación, y el período de estiaje comprende los meses de noviembre a mayo, en el que los escurrimientos son prácticamente nulos.

5.3.1 Cuenca Río Presidio (D)

Se ubica en la porción sureste del estado en el noroeste de la región hidrológica 11, tiene una superficie total de 7309.47 km² de los cuales 3924.09 km²., pertenecen a Sinaloa la ocurrencia de precipitación media anual oscila alrededor de 1006.63 mm; su geometría es de forma alargada con orientación hacia el noroeste encontrándose limitada por el norte con la cuenca del río Piaxtla, al sur con la cuenca del río Baluarte, al oriente con la parte alta del río San Pedro y al suroeste con el Océano Pacífico.

El río Presidio es la corriente superficial de mayor importancia tiene su inicio al unirse el río Quebrada de La Ventana con el río Altares 1.5 km., al oeste del rancho Agua Caliente en el estado de Durango, haciendo un recorrido total de 125 km. hasta desembocar al Océano Pacífico; posee una pendiente general de 0.30% con dirección preferente hacia el suroeste. Por ambas márgenes recibe gran cantidad de afluentes de tipo intermitente considerándose los de mayor importancia los arroyos: Tesquino; que se une a la altura de la localidad Zopilote y La Concordia que tiene confluencia a 1 km., al suroeste de Tepuxtla por la margen izquierda. Dentro de la cuenca existen 6 estaciones hidrométricas, pero sólo 2 se encuentran dentro de la entidad; la estación Tapichagua que se ubica aproximadamente a 2 km., al sureste del poblado Tecamate, la cual consignó un volumen medio anual de 682.99 millones de m³, durante el período comprendido de 1955-1968, la otra estación es la Siqueiros ubicada al poniente del poblado de Siqueiros y sobre el río Presidio que aforó un volumen de 983.85 millones m³., durante el período 1956-1981 (Plano 5.3C Tabla 5.3).

La única obra hidráulica existente en esta cuenca es la presa derivadora Siqueiros sobre el río Presidio (Plano 5.3C y Cuadro 5.1).

Para esta porción de la cuenca, dentro del uso del agua superficial destacan el pecuario, industrial y en menor escala el agrícola.

En esta cuenca se obtuvo un coeficiente de escurrimiento de 14.24% y un volumen medio anual precipitado de 3947.75 millones de m³., y un volumen escurrido de 562.08 millones de m³. (Tabla 5.6 y Plano 5.4).

5.3.2 Cuenca Río Baluarte (C)

Se localiza en el sureste de Sinaloa y al oeste en la región hidrológica 11; se encuentra rodeada por la cuenca río Presidio por la porción norte y noroeste; la parte noroeste-suroeste por la cuenca del río Acaponeta y al suroeste tiene conexión con el Océano Pacífico; abarca una superficie total de 5169.13 km²., y dentro del estado se hayan 2757.63 km²., con precipitación media anual de 1231.36 mm., que escurren por una pendiente que fluctúa de alta a baja. Los rasgos hidrográficos más sobresalientes son los ríos: Baluarte, Pánuco y Matatán.

El río Baluarte tiene su inicio al suroeste del estado de Durango a 22 km., al sur del poblado El Salto, con una pendiente de 1.76 % con direcciones cambiantes en su inicio de noreste a sureste, después adquiere un rumbo noroeste-sureste a 5 km., al noroeste de la localidad El Palmar en Durango hasta el rancho La Negra en Sinaloa, donde tiene ligeros cambios al suroeste hasta la unión por la margen izquierda con el río Matatán (2 km., aguas abajo del poblado de Matatán), ocurriendo una desviación al oeste hasta el enlace con el río Pánuco por la margen derecha, 5 km., aguas abajo de la localidad de Copales, modificando su curso al suroeste hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, haciendo un recorrido total de 160 km.

El río Pánuco comienza a 8 km. al noreste del poblado de Pánuco tiene una longitud total de 85 km., hasta la unión con el río Baluarte, con una pendiente promedio de 3.12%, tiene una dirección inicial noreste-suroeste hasta la localidad La Guasima, donde ocurre una inflexión hacia el sureste, los tributos más importantes son los ríos: Florido, Seco y Guayamole todos por la margen izquierda.

El río Matatán tiene una longitud de 46 km., del rancho Los Corrales hasta la confluencia con el río Baluarte, mantiene una pendiente media de 0.43%, con una dirección sureste-noroeste. Durante la trayectoria la corriente recibe el aporte del arroyo Tecomate por la margen izquierda y por la margen derecha se tiene el arroyo Tebaira.

En la cuenca existe un total de 4 estaciones; de éstas, la estación Baluarte II, al noreste del municipio de Rosario y sobre el río Baluarte consigna un volumen medio anual de 1706.95 millones de m³., provenientes de Durango y parte de esta entidad. Durante el período de 1948-1980. Por esta razón se le considera de mayor importancia (Plano 5.3C y Tabla 5.3). No existe infraestructura hidráulica para esta cuenca. De los usos dados al agua, destacan en orden de importancia, el agrícola, pecuario e industria!

Para esta cuenca se obtuvo un coeficiente de escurrimiento de 15.48 % y un volumen medio anual

precipitado de 3395.63 millones de m³., que produce un volumen medio drenado de 525.79 millones de m³ anuales. (Tabla 5.6 Plano 5.4).

5.3.3 Cuenca Río Acaponeta (B)

Se sitúa al sureste del estado y centro-suroeste de la región hidrológica 11, tiene una superficie de 10763.88 km²., de los cuales 1743.57 km²., pertenecen a Sinaloa la precipitación media es de 877.49 mm. anuales. La pendiente para esta porción de la cuenca es moderada a excepción de la zona cercana a la costa, donde se considera baja. En esta cuenca se hayan múltiples corrientes de carácter intermitente y perenne; con lo que respecta al estado de Sinaloa la corriente principal es el río Cañas, que limita al norte con el río Baluarte, al sur y al norte con el río Acaponeta y al poniente con las zonas de marismas como la laguna de Teacapán en las costas del Océano Pacífico.

El río Cañas nace en las faldas de la sierra San Francisco, dentro del estado de Nayarit, a partir de una elevación de 600 m.s.n.m., siguiendo una dirección general norte-sur; durante su recorrido recibe por su margen derecha un pequeño afluente, que también sirve como límite estatal entre Nayarit y Sinaloa, por la margen izquierda recibe al arroyo Santa María, hasta desembocar en la laguna de Teacapán, con un recorrido total de 75 km. desde su inicio hasta su desembocadura, con una pendiente media de 0.8%.

En la cuenca existen un total de 3 estaciones de las cuales sobresale la estación La Ballona, que se ubica sobre la corriente del río Cañas; reportó un volumen medio anual de 142.22 millones de m³, durante el período comprendido de 1961-1981 (Plano 5.3C y Tabla 5.3). Las obras hidráulicas existen en esta cuenca son: Las presas la Campana y Agustina Ramírez (Plano 5.3C y Cuadro 5.1).

El uso del agua superficial se destina al impulso del desarrollo pecuario.

El volumen medio precipitado en el estado es de 1665.06 millones de m³., anuales con un coeficiente de escurrimiento de 14.4% y un volumen total escurrido de 239.90 millones de m³ (Tabla 5.6 y Plano 5.4).

5.4 EL ESCURIMIENTO EN EL ESTADO DE SINALOA

Como se ha descrito anteriormente el agua superficial ha sido un elemento primordial para el desarrollo; principalmente en el área agrícola e industrial, motivo que convite a su estudio y análisis para su mejor aprovechamiento; sin embargo la precipitación en el estado aunada a los escurrimientos provenientes de otros estados, determina que en gran parte del año el agua fluya en grandes volúmenes, acto que adicionado a otros factores complica el establecimiento de una red permanente de monitoreo y estudio. En consecuencia se dificulta la medición directa del escurrimiento dentro del estado;

razón que conlleva al uso de los métodos indirectos en el cálculo del escurrimiento.

5.4.1 Cálculo de Escurrimiento: Metodología

En la Dirección General de Geografía (INEGI, 1983); se ha elaborado un método indirecto para cuantificar el escurrimiento de área específica.

De esta manera es posible caracterizar las unidades de escurrimiento en la Cartografía Hidrológica de Aguas Superficiales a escala 1:250,000. Este método involucra tres parámetros básicos; la permeabilidad de los suelos y rocas, la densidad de la cubierta vegetal y la distribución de la lluvia, y en algunos casos la topografía o pendiente que permite obtener un coeficiente de escurrimiento mismo que muestra el porcentaje de agua precipitada que escurre o se acumula superficialmente.

Las unidades de escurrimiento manejadas en este método, agrupan el coeficiente de escurrimiento en rangos definidos que son: 0-5%, 5-10%, 10-20%, 20-30% y mayores a 30%.

El desarrollo del procedimiento inicia con el empleo de la permeabilidad y la densidad de vegetación del área en cuestión; la permeabilidad se determina con la observación directa en campo, mientras que la densidad de vegetación se logra obtener de la cartografía de uso del suelo y vegetación escala 1:1 000 000 (INEGI), asociando comunidades vegetales que tienden a el apoyo de tablas de correspondencia; una vez definida la permeabilidad y la densidad de vegetación en términos de (baja, media y alta) es posible su interrelación (Cuadro 5.7), para encontrar el valor "K" que permite a su vez la interacción con la tercera variable, precipitación misma que proviene de la carta de precipitación total anual a escala 1:1 000 000 (INEGI) y se relaciona con el valor de K, utilizando la gráfica 5.8, lo que permite obtener un coeficiente de escurrimiento; por ejemplo, un sitio que contenga una permeabilidad y una densidad de vegetación media, utilizando la gráfica 5.8 se obtiene un valor de K de 0.22, si se presume que el dato de precipitación es de 500 mm. Utilizando la gráfica 5.8 se observa un coeficiente de escurrimiento de 73%, quedando dentro de la unidad de escurrimiento cuyo rango va de 5-10%; para el uso de estos valores en la práctica, se utiliza la información topográfica para definir rangos con valores cercanos al límite superior del rango y viceversa a pendientes menores los cercanos al límite inferior.

5.4.2 Los Factores: Permeabilidad, Cubierta Vegetal y Precipitación en el Estado de Sinaloa

PERMEABILIDAD

La permeabilidad del terreno es un factor importante en el cálculo del escurrimiento, en virtud de que la litología

y su control estructural inciden directamente en el volumen de los escurrimientos, por lo que los materiales se clasificaron como de permeabilidad baja, media o alta. Dentro del rango de permeabilidad baja, se incluyen todos los materiales que contienen alto porcentaje de arcilla, escaso fracturamiento y porosidades no comunicadas; este tipo de materiales representando la mayor parte de afloramientos rocosos, que distribuidos en todo el estado principalmente en la porción este y noroeste. Se consideran con esta permeabilidad las rocas ígneas intrusivas que corresponden a diorita y granodiorita; de igual manera las rocas ígneas extrusivas representadas por: tobas, andesitas, basaltos, brecha volcánica y riolitas, así como también los depósitos de caliza, margas e intercalaciones de caliza-lutita y rocas metamórficas representadas por esquistos y pizarras principalmente. Estas unidades litológicas son de estructura masiva y representan un fracturamiento que varía de moderado a intenso, o que poseen relleno arcilloso en sus fracturas y también con permeabilidad baja se catalogan (por su alto contenido de arcilla) los suelos de origen lacustre y palustre ubicados en la zona costera del estado.

De permeabilidad alta se le asignó a aquellas unidades de edades del Cuaternario, cuya característica les confiere dicha permeabilidad; son depósitos de materiales detriticos sueltos, que están representados, por conglomerados, suelos aluvial, litoral y eólicos y se encuentran rellenando los valles de la entidad; también se incluyen en este rango los basaltos muy fracturados e intemperizados. Estas unidades se encuentran en la porción noroeste entre el límite con Sonora y en la porción sureste de la franja costera del plano.

CUBIERTA VEGETAL

La densidad de cubierta vegetal es uno de los factores considerados en la evaluación de las unidades de escurrimiento por lo que su correcta clasificación permite obtener resultados más confiables en la aplicación del método respectivo.

La densidad y el tipo de cubierta vegetal intervienen en la cantidad de escurrimiento, al actuar como retardador de éste, propiciando la infiltración. La variedad de vegetación existente en el estado de Sinaloa fue clasificada en tres rangos de densidad: alta, media y baja.

La mayor densidad de vegetación está representada por los bosques Aciculifolios y Aciculi-esclerofolios, distribuidos en la Sierra Madre Occidental en la porción norte y sur del estado de Sinaloa en alturas que oscilan entre los 1200 a 2000 m.s.n.m.; también se clasificó con este rango las selvas: Mediana Caducifolia localizada desde el centro hasta la parte sureste, colindando con el estado de Nayarit; la selva Mediana Perennifolia, Subespinosa ubicada en la porción noreste de Mazatlán y porción occidental de la Sierra Madre Occidental.

Con densidad media se estimó: el matorral Microfilo en la porción norte del estado; matorral Sarcocaulis, localizado desde los límites con Sonora hasta la localidad de Altata, también se ubica en este rango la superficie dedicada al cultivo de riego, destacando los valles del río Fuerte, Guasave, el Carrizo, Culiacán y Elota-Piaxtla.

En el rango de densidad baja quedan englobados: el matorral Microfilo ubicado en la porción noroeste del estado; el pastizal natural en la porción noreste y norte de la entidad y la vegetación Halófila que se encuentra a lo largo de la costa de Sinaloa.

PRECIPITACION

Es uno de los elementos esenciales para que se lleve a cabo el escurrimiento, ya que depende de su intensidad y frecuencia, la rapidez con que el suelo se satura y da principio la escorrentía. La precipitación media anual varía gradualmente de 200 mm., aproximadamente, en el área costera a más de 1200 mm. en la Sierra Madre Occidental (Apartado 3.2); en la estación climatológica Plomosas, se registra la máxima precipitación media que es de 1457.52 mm. durante el período de observación 1963-1989; mientras que la mínima tiene lugar en la estación Mochicahui.

5.4.3 El Coeficiente y las Unidades de Escurrimiento

Tomando en cuenta la permeabilidad del terreno, el uso que se le está dando y la precipitación media anual y de acuerdo con la metodología empleada en la elaboración de la cartografía hidrológica de aguas superficiales a escala 1:250,000 de la Dirección General de Geografía (INEGI, 1982), se identificaron en la entidad, 4 unidades de escurrimiento (Plano 5.4), cuyas características se describen a continuación, mientras que los valores por cuenca se expresan en la Tabla 5.6.

La unidad de escurrimiento cuyo rango oscila entre 20 y 30% se ubica principalmente en la porción sureste de la entidad entre los límites de Durango y Nayarit, donde la superficie del terreno está compuesta por rocas y delgadas capas de suelo; lo que contribuye a determinar una baja permeabilidad del terreno; esto se asocia con precipitaciones mayores a los 1,200 mm., y alta densidad de la vegetación.

Las áreas que tienen un coeficiente de escurrimiento entre 10 y 20% son aquellas en que la permeabilidad es baja con precipitaciones mayores a 350 mm., y la densidad de vegetación es media a alta, esta unidad se localiza en distintas partes de la entidad; principalmente en la región oriental donde se ubica la Sierra Madre Occidental y en la porción costera del sureste del estado.

El área que le corresponde un coeficiente de escurrimiento entre 5 y 10%, se sitúa en el noroeste del

estado en los límites con Sonora y en diferentes porciones cercanas a la costa; principalmente donde la permeabilidad es de media a baja, la densidad de vegetación de moderada a baja y precipitación menor a los 600 mm.

Para un coeficiente de escurrimiento menor a 5%, los materiales son altamente permeables, con escasa vegetación de mediana a baja densidad y una precipitación menor de los 500 mm.; esta unidad se encuentra distribuida en los valles de cultivo y líneas de costa.

5.5 CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL

La descripción de la calidad del agua está dada en base a los análisis químicos efectuados a muestra tomadas de: canales, bordos, presas, arroyos y lagunas, llegándose a la conclusión de que la calidad del agua superficial para fines de riego de dulce a salada (datos obtenidos en Cartas INEGI, 1981).

Para la porción noroeste de la entidad se concluye que la calidad de agua para fines de riego varía de dulce a tolerable y por lo tanto cumple con los requisitos necesarios para utilizarse con fines agropecuarios, esto lo demuestra el hecho de que esta zona es pródiga en agricultura, con productividad elevada y en base a qué cuenta con suficiente agua tanto en calidad como en cantidad, además tierras aptas para el cultivo y tecnología eficiente que incluye el empleo de maquinaria agrícola, fertilizantes, así como otros complementos. Las muestras que resultaron con alto contenido en sólidos totales disueltos, corresponden a las zonas de esteros cuyo principal uso es la pesca, para la parte central del estado la calidad presenta variaciones de dulce a salada con valores de contenido de sólidos totales disueltos que van de 122 a 401 p.p.m. para el caso de los ríos, presas y bordos arrojaron un promedio de 178 a 487 p.p.m., quedando dentro de la clasificación de dulce y en el caso de las lagunas muestreadas que se encuentran a lo largo de línea de costa, se obtuvo rangos de 781 a 38577 p.p.m. que se clasificaron como de tolerable a salada, mientras que para la región sureste se reporta un rango de 10 a 47909 p.p.m., el muestreo abarca ríos, arroyos, presas, manantiales y lagunas.

En lo referente a la contaminación del agua superficial, existen tres grandes fuentes: las grandes descargas de agua de los sistemas de drenaje en los distritos de riego, las descargas de aguas residuales de la industria de transformación agropecuaria y minas, así como las descargas de aguas negras del sistema de alcantarillado de las poblaciones.

En lo referente al primer surtidor, las descargas de las aguas de retorno agrícola, es la fuente más importante de degradación de la calidad del agua, causada

por la gran cantidad de agroquímicos que se utilizan para incrementar la productividad agrícola.

En lo referente a la segunda fuente de contaminación, ésta la constituyen las descargas de aguas residuales de las industrias, que en su gran mayoría no cuenta con sistemas de tratamiento de los volúmenes descargados, contaminando las principales corrientes de aguas superficiales.

Dentro del sector industrial y agropecuario se cuenta con instalaciones de gran representatividad como son: 4 ingenios azucareros, procesadoras de productos marinos, agrícolas, constructora de paneles a base de

fibra de bagazo de caña de azúcar, rastros avícolas, pecuarios y porcinos.

En cuanto a la contaminación generada por aguas negras provenientes de las descargas de las poblaciones, son vertidas a diversos cuerpos receptores; siendo estos: ríos, drenes y bahías; el envío se hace en forma directa y sin tratamiento alguno. La contaminación causada por este tipo de descargas degradan la calidad del agua, haciéndola no apta para otros usos. Actualmente los niveles de calidad del agua de las principales corrientes están clasificadas como buena para el consumo humano, con excepción del río Mocorito y Culiacán que reciben descargas de aguas negras provenientes de las ciudades de Guamúchil y Culiacán respectivamente.

Capítulo 6. Hidrología Subterránea

A pesar de que el estado cuenta con grandes volúmenes de agua superficial y de que posee una sólida infraestructura hidráulica, se ha tenido que recurrir al uso del agua subterránea y en algunos casos, el abuso de esta pone en riesgo la vida del acuífero, por ello se torna importante el conocer este recurso. Es función del presente capítulo, el dar un panorama objetivo acerca del agua subterránea en la entidad, para ello se definen tres apartados básicos: la panorámica general, el análisis por zona geohidrológica y el apartado de conclusiones y recomendaciones.

En este panorama general, se hace referencia al uso del agua y los volúmenes de extracción y recarga, lo que permite determinar el déficit estatal; asimismo, se describe la variación de la superficie piezométrica, los cambios en la calidad del agua, la tendencia general del flujo subterráneo y el fenómeno de manantialismo y termalismo en el estado, a más de hacer alusión a las zonas de veda.

En el análisis por zona, cada una de ellas es descrita en función de sus características, tipo de acuífero, calidad del agua, así como los volúmenes de extracción y recarga, lo que permite definir el grado de explotación.

6.1 PANORAMA GENERAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ESTADO DE SINALOA

Para el año de 1991, el estado de Sinaloa utilizó 447.1 millones de m^3 de agua subterránea, la cual fue distribuida de la siguiente manera; 62.6% para las actividades agrícolas, 29.9% para el uso urbano, sea este doméstico, comercial o recreativo, el 5.3% fue utilizado en la industria y el restante 2.2% se destinó al sector pecuario. En la entidad existen aproximadamente 2614 obras para el aprovechamiento del agua subterránea, las cuales tienen un gasto promedio general de 40 l.p.s., sin embargo existen zonas con promedios más altos entre los 70 y 80 l.p.s., como es el caso de la zona del río Fuerte, río Sinaloa - arroyo Ocori, río Mocorito y del río Culiacán - río San Lorenzo. La recarga media anual para los embalses subterráneos de la entidad, es del orden de los 1044.0 millones de m^3 cantidad que rebasa ampliamente el volumen de la extracción (447.1 millones de m^3), y esto da como resultado que la mayoría de los acuíferos se encuentren subexplotados (Tabla 6.1).

* Tabla 6.1 se encuentran Zonas Geohidrológicas que no fueron descritas, pero se enlistan en forma sinóptica y con sus principales características.

La explotación de las zonas geohidrológicas de la entidad (Figura 6.3), ha traído como consecuencia oscilaciones en la superficie piezométrica. Los abatimientos más pronunciados se encuentran en el río Culiacán con 1.42 m/año y en el río Presidio con 0.57 m/año. En forma contraria las recuperaciones tienden a hacer casi de igual magnitud, teniéndose los máximos valores en la zona río Culiacán - río San Lorenzo 1.25 m/año y para el río Presidio 0.71 m/año (estos promedios se obtuvieron de periodos de cuando menos 3 años).

La profundidad a la que se ubican los niveles estáticos, oscilan de 1 a 38 m., los valores más altos se obtienen en el río Culiacán-río San Lorenzo que varía de 35 a 38 m., siguiéndole con 20 m. las zonas del río Fuerte y río Sinaloa-arroyo Ocoroni, el resto de los valles fluctúan alrededor de los 17 m.

La calidad del agua subterránea varía de dulce a salada, predominando la primera. La presencia de agua de calidad deficiente se le atribuye a diferentes factores como son: causados por intrusión salina que se manifiesta a lo largo de la costa, lixiviación de suelos o deficiencia en el drenaje y fenómenos geológicos.

En la mayoría de los casos el flujo subterráneo presenta afinidad con el de los escurrimientos superficiales, mostrando una dirección regional hacia el Golfo de California o el Océano Pacífico.

Los manantiales, se ubican en el flanco este de la entidad, hacia la parte montañosa, donde dominan las unidades de material consolidado de baja permeabilidad y que localmente presentan permeabilidad secundaria o primaria, permitiendo la captación temporal del agua que posteriormente es liberada en forma de manantialismo por las zonas de debilidad; fallas, fracturas y discordancias litológicas. La calidad del agua en general es dulce; los alumbamientos salinos no fueron detectados, pero los de tipo termal sí, aunque de poca importancia y sin exceder los 600 C. Sus gastos no son significativos y su uso es para actividades domésticas, pecuario y recreativo. El manantialismo en el estado se manifiesta irregularmente como se observa en la Figura 6.1.

El cuidado y preservación de este recurso corresponde a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y actualmente a la Comisión Nacional del Agua, quien ha decretado a través del tiempo una serie de vedas, con el propósito de evitar y controlar las extracciones de agua subterránea (Figura 6.2 delimitación y fecha)

6.2. ANALISIS Y PANORAMA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ESTADO DE SINALOA

6.2.1. Zona Río Fuerte

La zona abarca una superficie de 2,476 km²., se localiza tanto en la porción noroeste de la entidad como de la región hidrológica 10, Sinaloa. Los límites del área de estudio están configurados de la siguiente manera: en la parte norte-noreste es una zona estrecha y alargada flanqueada por barreras impermeables, hacia el sur-suroeste por el Golfo de California y la zona del río Sinaloa y al oeste-noroeste su límite son los cerros La Chorreadura y Los Goros.

Los materiales acuíferos del valle del río Fuerte están constituidos por sedimentos fluviales y deltaicos del Cuaternario cuyo espesor promedio es de 90 cm., se haya limitado en la base y en los flancos por rocas ígneas y sedimentarias de naturaleza impermeable. Los sedimentos fluviales están formados por boleos, gravas y arenas con intercalaciones de materiales finos, que forman el subalveo del río Fuerte, esta unidad geohidrológica es la más importante debido a su alta permeabilidad; mientras que los deltaicos: son gravas, arenas, limos y arcillas; actualmente en proceso de acumulación. Posiblemente en esta unidad se tienen capas de sales marinas formadas por la evaporación de las aguas de antiguas lagunas marginales, que fueron cubiertas por dichos materiales clásticos. El funcionamiento del acuífero, aún con las intercalaciones locales de depósitos granulares arcillosos semipermeables, se clasifica como de tipo libre y con coeficientes de transmisibilidad que varían de 0.95×10^{-2} a 12.9×10^{-2} m²/seg.

La extracción media anual en la zona es de 78 millones de m³., mediante la operación de 468 obras de captación, constituidas en su mayor parte por 305 norias y el resto por 163 pozos, con profundidades que van de 4 a 250 m. y de un promedio de 60m.; las cuales arrojan caudales medios de 70 a 80 l.p.s., los diámetros de la tubería de descarga oscilan entre 2.5 a 30.50 m. (1 a 12"), en tanto que la recarga media anual se estima en 250 millones de m³., provenientes principalmente de la infiltración que ocurre a través del cauce del río Fuerte, por infiltración vertical de la lluvia, retornos de riego y de la pérdida en la red de canales.

El suministro de agua para el valle se obtiene generalmente de las presas Miguel Hidalgo (Mahone) y Josefa Ortiz de Domínguez; dichos volúmenes de agua superficial han sido suficientes para cubrir las necesidades del desarrollo agrícola, por lo cual las aguas subterráneas han permanecido en estado de subexplotación.

En la evolución del nivel estático del período 1968 a 1969 se observan recuperaciones de 0.6 m. hasta descensos de 0.8 m., mientras que para el período 1968 a 1975 se encontraron recuperaciones desde 1 m. hasta descensos de 2 m.; lo que ubica al nivel estático para el año de 1975 a profundidades menores de 2 m. en la planicie costera y hasta 20 m. en las cercanías de el arroyo Sivajahui y el poblado Norotes, por último en el año 1986 la profundidad varía de 2 a 11 m. (Plano 6.4). La calidad del agua va de dulce a salada con valores que son generalmente menores de 1000 mg/l. De acuerdo con la clasificación de Chase Palmer, las familias de agua son cálcicas, magnésicas, bicarbonatadas y cálcicas magnésicas sulfatadas cloruradas. Posiblemente el agua de mala calidad se encuentre en lo que fueron antiguas lagunas. El flujo regional muestra dos direcciones predominantes: una de norte - sur de El Fuerte a San Blas y la segunda este - oeste a la línea de costa.

El agua subterránea en la región se destina esencialmente al uso agrícola y en menor cantidad al uso industrial, pecuario y doméstico.

6.2.2 Zona Río Sinaloa - Arroyo Ocoroni

Comprende una superficie de 3180 km²., esta zona se encuentra al noroeste del estado y en la porción occidental de la región hidrológica 10, Sinaloa. Su geometría irregular tiene como límites al norte - noroeste las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, los cerros El Oro, Mochobampo, El Carrizo y el poblado El Portugués de Norzagaray, al sur - suroeste el Golfo de California, hacia el este aproximadamente hasta el arroyo San Rafael y al oeste el valle del río Fuerte.

El acuífero está constituido por conglomerados del Terciario, de granulometría y grado de cementación variable, cubiertos localmente por materiales de depósitos fluviales del Pleistoceno al Reciente. El espesor de los estratos es mayor de 300 m. en la parte central del valle reduciéndose hacia la sierra. Los materiales que constituyen la margen derecha del río Sinaloa son boleos, gravas y arenas con horizontes arcillosos y por la margen contraria se tienen boleos, gravas y arenas, con permeabilidad alta. En lo que respecta al arroyo Ocoroni, se tiene que por su margen derecha los materiales fluviales se encuentran empacados en arcilla lo que representa baja permeabilidad y poca recarga del arroyo ya que existe una barrera impermeable entre los rellenos del arroyo y la unidad del Terciario, y por la margen izquierda hacia el arroyo Cabrera las condiciones son favorables para la recarga del acuífero, ya que se tiene material de buena permeabilidad (arenas y gravas con poca arcilla). El comportamiento del sistema hidráulico en la zona es catalogado como un acuífero libre con pequeñas porciones de confinamiento local en lugares donde se presentan horizontes arcillosos, los valores de transmisibilidad van de 1.5×10^{-3} a 95×10^{-3} m²/seg., y con una media de 24×10^{-3} m²/seg.

El aprovechamiento del agua subterránea, se lleva a cabo mediante la operación de 842 obras de captación de las cuales 447 son de la margen izquierda y 395 por la margen contraria; de este total se tienen 519 pozos y 323 norias, cuyas profundidades varían de 3 a 325 m. y tienen un promedio de 60 m. Estas obras bombean un volumen medio anual de 100 millones de m³., con gastos promedios de 70 a 80 l.p.s. y donde los diámetros de las tuberías se descargan de 2.5 a 30.5 cm. (1 a 12"). La recarga media anual es del orden de 250 millones de m³., la cual es generada principalmente por infiltraciones del río Sinaloa y arroyo Ocoroni, así como por el flujo vertical de la lluvia, de los retornos de riego y canales.

Puesto que la mayor parte del agua utilizada en la región se obtiene de la presa Gustavo Díaz Ordaz (Bacurato) y Guillermo Blake A. (El Sabinal), no se ha tenido la necesidad de incrementar el volumen de extracción del agua subterránea, situación que mantiene a esta zona en una condición hidrológica subexplotada.

Para el año de 1983 se registran recuperaciones de 7 m. hasta descensos de 3 m., mientras que para el periodo de 1987 a 1988 se observan recuperaciones de 6 m. hasta descensos de 25 m., estos dos periodos para la margen derecha del río Sinaloa; lo que ubica a los niveles estáticos a profundidades que varían desde 2 a 20 m. (Plano 6.5).

La calidad del agua (Plano 6.6) presenta variaciones de dulce a salada, con un rango de sólidos totales disueltos de 100 a 10000 mg/l. El flujo regional del agua subterránea, en general es de noreste-suroeste siguiendo el curso del río Sinaloa, mientras que el flujo local es de norte - sur; un vector del flujo se desvía hacia la depresión piezométrica localizada al este del poblado el Palmerito.

El uso principal del agua subterránea es en actividades agrícolas y en menor proporción en uso doméstico, pecuario e industrial.

6.2.3 Zona Río Mocorito

Ocupa una superficie de 896 km²., se sitúa en la porción occidental de la entidad y de la región hidrológica 10, Sinaloa. Su geometría asemeja a un rectángulo, sus límites son: al norte, con la ciudad de Guamúchil y la presa Eustaquio Buelna, en el noroeste por el valle del río Sinaloa, hacia el sur llega aproximadamente hasta el arroyo San Rafael, por el este se encuentran las barreras impermeables de los cerros El Hondo, El Picacho y el cordón Carricitos y con el Golfo de California en el oeste. Los materiales que conforman el acuífero de este valle, corresponden a depósitos aluviales y fluviales del Cuaternario que cubren localmente a conglomerados del Terciario que están formados por gravas mal consolidadas, muy heterogéneas en cuanto a su composición litológica y con diferentes grados de cementación y

características hidráulicas, estos conglomerados se acuñan hacia la parte alta del valle en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental. Los depósitos del Cuaternario que conforman la llanura deltaica, están constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas, los cuales se encuentran depositados en antiguos deltas. En general el acuífero es de buena permeabilidad y su funcionamiento es de tipo libre con transmisibilidades que varían de 0.7×10^{-3} a 72.6×10^{-3} m³/seg. y con una media de 30.1×10^{-3} m³/seg.

Dentro del área se encuentran 50 aprovechamientos (pozos y norias), con profundidades que oscilan entre 5 y 250 m. y que tienen en promedio 70 m.; estos desalojan un volumen medio anual de 60 millones de m³., con gastos promedios de 70 a 80 l.p.s. y diámetros de tubería de descarga varían de 20.3 a 30 cm. (8 a 12"). La recarga es de 100 millones de m³. anuales, proviene generalmente de los flancos de la sierra y de la parte alta de la planicie, así como por infiltración vertical de la lluvia, retornos de riego y por la infiltración del río Mocorito.

El balance del acuífero entre la recarga y descarga da como resultado una condición hidrológica de equilibrio. Esta condición ha sido posible en parte por la disponibilidad de los volúmenes almacenados en la presa Eustaquio Buelna.

La evolución del nivel estático para esta zona consta de tres periodos: el primero de 1978 a 1981 se encontraron descensos máximos de 1.07 m., en el segundo de 1982 a 1983 se tienen recuperaciones de 1.78 m. hasta descensos de 1.51 m. y para el tercero de 1978 a 1983 únicamente se tienen recuperaciones máximas de 1.80 m.; lo que ha provocado que las profundidades fluctúen de 3 a 12 m. (Plano 6.7).

En el valle predomina el agua de calidad dulce a tolerable, aunque se tienen áreas en ambas márgenes del río Mocorito que se alcanzan valores hasta 1500 mg/l (Plano 6.8).

El flujo regional del agua subterránea presenta semejanza con la dirección que sigue los escurrimientos superficiales, ésta se considera de noreste - suroeste.

El agua extraída se utiliza principalmente para la agricultura y servicio doméstico.

6.2.4 Zona Río Culiacán - Río San Lorenzo

Comprende una superficie de 2,233 km²., se localiza en la parte central del estado y hacia el sur - suroeste de la región hidrológica 10, Sinaloa. De forma irregular, y sus límites al norte y este son las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, al sur el Golfo de California y al oeste el cauce del río Culiacán.

Los acuíferos de este valle se localizan sobre materiales granulares depositados sobre rocas ígneas y sedimentarias generalmente impermeables, que a su vez sirven de barrera lateral, la edad de los depósitos van del Paleozoico al Reciente. Las unidades permeables, localizadas en la llanura costera y en las proximidades de los cauces de los ríos Culiacán y San Lorenzo, están formados por materiales clásticos continentales de permeabilidad variable dependiendo de su textura y grado de compactación. En la planicie costera los acuíferos corresponden a materiales granulares, formados por depósitos de talud y abanicos aluviales, se ubican en general en la parte alta del valle y están constituidos por conglomerados, gravas, arenas y arcillas; las gravas y conglomerados que constituyen a los abanicos aluviales, presentan una matriz arenosa o tobácea ocasionalmente bien cementadas, formando una unidad poco permeable. Los depósitos deltaicos formados por el aporte de los sedimentos acarreado por los ríos, se localizan en una amplia porción del valle, los materiales van desde conglomerados de guijarros y boleos, hasta sedimentos arenosos, areno-limosos, arcillo-arenosos y arcillosos, con muy buena permeabilidad. Hacia la línea de costa; los depósitos están formados principalmente de arenas, que presentan alta permeabilidad, pero su posición respecto a la cercanía del mar, no permiten la explotación de agua dulce; regionalmente el funcionamiento del acuífero es de tipo libre; el coeficiente de transmisibilidad media es de 4×10^{-3} y 7.5×10^{-3} m²/seg., para el valle del río Culiacán y San Lorenzo respectivamente.

En la zona existen 556 obras de captación; para el valle del río Culiacán se tienen 389 (152 pozos y 237 norias), y para la margen izquierda del río San Lorenzo existen 167 (144 pozos y 23 norias). La profundidad de las obras varían en un rango muy amplio, desde norias de poca profundidad, hasta pozos de más de 250 m. predominando un promedio de 60 a 70 m. Los diámetros en la tubería de descarga varían de 2.5 a 25.4 cm. (1 a 10"), con un caudal promedio de 70 a 80 l.p.s. La extracción media anual del acuífero estimada por la C.N.A. en 1991 en los valles de los ríos Culiacán y San Lorenzo, se estimó de 90 y 30 millones de m³. respectivamente; mientras que la recarga media anual estimada para ambos valles fue de 150 y 130 millones de m³. La recarga natural del acuífero es esencialmente por infiltración en los cauces de los arroyos, ríos, canales artificiales construidos con fines agrícolas, aunque parte de ella regresa a la superficie a través del sistema de drenaje, por lo que no se le considera una recarga efectiva. De acuerdo al funcionamiento de la recarga y descarga, el acuífero para el valle río Culiacán se haya en estado de equilibrio y solo es alterado localmente por efectos del desarrollo agrícola. La condición hidrológica para el acuífero del valle río San Lorenzo es de subexplotado.

Esta zona se beneficia también con el agua superficial que se almacena en las presas Adolfo López Mateos, Sanalona y José López Portillo (Comedero).

En la evolución del nivel estático para el período 1978 a 1982 se observa recuperaciones de 5 m. hasta descensos de 5.70 m. (Plano 6.9), para un segundo período de 1980 a 1983 se tienen recuperaciones de 2.65 m. y descensos hasta 2.55m.; lo que ubica a los niveles estáticos a profundidades que oscilan de 2 a 38 m. (todo lo anterior de piezometría es para el valle de Culiacán) y para la margen izquierda del río San Lorenzo la profundidad fluctúa entre los valores de 5 a 35 m.

La calidad del agua varía de dulce a salada, en función de los sólidos totales disueltos que van desde 300 a 3000 mg/l para la zona río Culiacán (plano 6.10), mientras que para el área río San Lorenzo se presentan valores de 500 a 2000 mg/l.; los valores más altos están cercanos a la costa, existe posible intrusión salina. En general el catión mas sobresaliente es el calcio, mientras en los aniones sobresalen el bicarbonato y el cloro. El flujo regional del agua subterránea es de oriente a poniente.

El agua en esta porción de estado se emplea esencialmente en el uso agrícola, después en el doméstico, industrial y pecuario.

6.2.5 Zona Río Piaxtla

Se localiza en la porción sur de la entidad y hacia el sureste de la región hidrológica 10, Sinaloa, con una extensión de 200 km². El valle presenta una forma alargada con dirección noreste-suroeste, sus límites son: al norte y al sur lo constituyen rocas volcánicas e intrusivas, por el oriente el valle de Ixpalino y hacia el occidente Océano Pacífico.

Los materiales que conforman el acuífero de este valle corresponden a depósitos fluviales, abanicos aluviales y de talud. (gravas, arenas, limos y arcillas), estos depósitos son del Cuaternario. Se encuentran sobreyaciendo a rocas preexistentes de baja permeabilidad, lo que constituye la barrera lateral del valle. El acuífero es de tipo libre, con permeabilidad buena y valores de transmisibilidad que varían de 0.77×10^{-2} a 26.32×10^{-2} m²/seg.

El volumen medio anual extraído alcanza los 2.8 millones de m³., mediante la operación de 87 aprovechamientos (27 pozos y 60 norias), la mayoría de ellos se localiza en la parte alta del valle entre las poblaciones Piaxtla de Arriba y Piaxtla de Abajo y en los alrededores de Duranguito; dichas obras tienen una profundidad promedio de 10 a 15m.; los cuales presentan un gasto promedio de 20 a 25 l.p.s. y diámetros de tubería de descarga que van de 2.5 a 25.4 cm. (1 a 10"). En tanto que la recarga es de 20 millones de m³. anuales, la cual

que la recarga es de 20 millones de m³. anuales, la cual ocurre principalmente por infiltración de la lluvia precipitada sobre la superficie. Puesto que la descarga es menor que la recarga, se cataloga esta zona como subexplotada.

Durante el período de julio a noviembre de 1978 en la porción alta del valle, entre Piaxtla de Arriba y Piaxtla de Abajo, los niveles presentan recuperaciones entre 0.40 m., hacia el sur cerca de Duranguito, en la porción cercana al río se observa un abatimiento de 0.10 m. y hacia el noreste recuperaciones que alcanzan un valor máximo de 2 m.; lo que permite ver que los niveles de agua se encuentran a profundidades de 2 a 7 m., en general, los niveles más someros se presentan próximos al cauce del río Piaxtla y se incrementan hacia ambas márgenes.

El agua extraída en general se considera de buena calidad. De acuerdo con la clasificación de Chase Palmer, las familias de agua que se encuentran son cálcicas, magnésicas y sódicas - sulfatadas.

El flujo del agua subterránea en general es hacia la costa siguiendo el cauce natural del río Piaxtla que es del noreste al suroeste.

El agua subterránea extraída se utiliza básicamente en las actividades domésticas.

6.2.6 Zona Río Quelite

Se sitúa en la porción sur del estado y hacia la parte sureste de la región hidrológica 10, Sinaloa; con una superficie de 239 km². Tiene forma irregular, sus límites naturales son: al norte, sur y este lo constituyen rocas ígneas que forman las barreras tanto laterales como de basamento y la porción occidental delimitada por el Océano Pacífico. El acuífero de esta zona es de tipo libre, donde las transmisibilidades varían de 1.47×10^{-3} a 37.54×10^{-3} m³/seg. y una media de 8.21×10^{-3} m³/seg., conformándose por materiales clásticos del Terciario y Cuaternario. Conglomerados semiconsolidados, mal clasificados e inmaduros se encuentran en la parte inferior de los depósitos clásticos del Terciario, mientras que en la parte superior esta constituida por arenas y material limo-arcilloso. Los depósitos del Cuaternario se caracterizan por corresponder a sedimentos de llanuras de inundación y fluviales, compuestos por gravas, arenas y limos, considerándose la unidad de mayor permeabilidad.

Dentro del área existen 110 aprovechamientos que se dividen en 8 pozos, 101 norias y una galería filtrante, de estos se extraen 1.7 millones de m³. anuales, con gastos promedios de 5 a 12 l.p.s. y donde los diámetros de tubería de descarga varían de 2.5 a 15.2 cm. (1 a 6") y cuyas profundidades promedio están a 10 m. La

alimentación del sistema acuífero proviene por infiltración a través del cauce del río Quelite y por la infiltración vertical del agua de lluvia, alcanzando en conjunto una recarga de 8 millones de m³. anuales lo que indica un acuífero subexplotado.

La evolución del nivel estático para el período 1981 a 1982, las recuperaciones tuvieron una media general de 1.0 m., mientras que los descensos tienen una media promedio de 1.43 m.; los niveles se tienen a profundidades de 1 a 17 m., situándose las menores profundidades a los lados de las márgenes del río e incrementándose hacia las partes altas. En la región costera del Mármol, El Recreo y El Habal se presentan profundidades de 0.70 a 16 m.

La calidad del agua en la zona en general es de buena calidad, la concentración de sólidos totales disueltos varían ampliamente desde 200 a 600 mg/l; las concentraciones más altas se encuentran en la proximidad del litoral, debido a la influencia del agua salada. De acuerdo con la clasificación de Chase Palmer, las familias de agua que se encuentran son cálcicas magnésicas bicarbonatadas y sódicas cloruradas sulfatadas.

En general el flujo subterráneo del agua es hacia la costa, siguiendo el cauce del río Quelite con una dirección noreste - suroeste (Plano 6.11). El agua subterránea se utiliza principalmente en las actividades pecuarias y en segundo término las agrícolas, domésticas e industriales.

6.2.7 Zona Río Presidio

Esta zona comprende una extensión superficial de aproximadamente 321 km²., se localiza al sureste del estado y al suroeste de la región hidrológica 11, Presidio - San Pedro. El valle presenta una orientación norte-sur, sus límites naturales al norte, sur y este es formado por rocas graníticas, que texturalmente son de constitución impermeable, actúan como barrera al flujo del agua subterránea, mientras al oeste se encuentra limitada por el Océano Pacífico.

El acuífero en explotación se constituye por depósitos fluviales del Cuaternario y por depósitos clásticos del Terciario. Los sedimentos del Cuaternario son conglomerados, gravas, arenas y limos, localizados en los cauces y zonas de inundación del río y arroyos. Estos materiales son fragmentos angulosos y redondeados de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, constituido por conglomerados, clásticos gruesos, gravas y arenas con matriz areno-arcillosa. En general el acuífero es permeable.

El volumen medio anual de extracción de agua subterránea asciende a 67.2 millones de m³., que es extraída mediante la operación de 79 pozos, 105 norias

185 aprovechamientos, con profundidades promedio de 45 m.; localizados la mayor parte de ellos en la zona de El Pozole, sobre la margen derecha del río Presidio. Los diámetros de tuberías de descarga oscilan de 2.5 a 25.4 cm. (1 a 10") y producen un gasto promedio 40 l.p.s. La alimentación del acuífero fue calculada en 90 millones de m³. anuales, originados en su mayor parte por infiltración vertical de la lluvia y del agua que discurre por el cauce del río y canales, así como por infiltración por retornos de riego. Por la relación que existe entre recarga y descarga se puede clasificar a ésta zona en equilibrio. La porción noroeste del valle se beneficia por el agua que se extrae de la presa Los Horcones. En la evolución del nivel estático para el período 1978 a 1985 se observan recuperaciones de 5 m. hasta descensos de 4 m.; lo que sitúa al nivel estático a profundidades que fluctúan entre 1.5 a 14 m. (Plano 6.12). El agua se considera de buena calidad donde la concentración de sólidos disueltos van de 100 a 400 mg/l. (Plano 6.13). La relación de potencial de hidrógeno (o pH) indica la existencia de aguas incrustantes, donde las familias predominantes, según el método de Chase Palmer, son cálcicas, magnésicas y sódicas-carbonatadas. Existen manifestaciones de intrusión salina. El flujo regional del agua subterránea es de norte a sur, siguiendo el cauce del río Presidio. El agua subterránea en la región se destina esencialmente para el uso doméstico y agrícola.

6.2.8 Zona Río Baluarte

Se localiza al sureste del estado y hacia la porción oeste de la región hidrológica 11, Presidio - San Pedro, con una superficie de 436 km². El valle presenta un desarrollo longitudinal paralelo al río Baluarte, con una orientación general, noreste-suroeste; sus límites naturales en la porción noroccidental, se extiende a lo largo del arroyo las Higueras, en su porción baja, hacia el norte, lo limita la laguna del Caimanero y hacia el sur tiene comunicación con la barra de Teacapan, además es circundado por los afloramientos de rocas ígneas que funcionan como barreras verticales y horizontales al flujo del agua subterránea.

El acuífero de este valle es de tipo libre y está constituido por llanuras deltaicas de edad Cuaternario, los materiales que lo constituyen son: conglomerados y aluviones poco compactos, cuyos componentes son grava, boleó, arena, limo y arcilla. La permeabilidad de la zona es de baja a media, se tiene una transmisibilidad que va de 5.2×10^{-3} a 16.75×10^{-3} m³/seg.

El volumen medio anual de agua extraída es de 8.9 millones de m³, proveniente de 133 aprovechamientos (111 norias, 21 pozos y una galería filtrante), con gastos promedio de 40 l.p.s. y diámetros de tubería de descarga que van de 2.5 a 30.5 cm. (1 a 12"). La recarga media

anual es del orden de 15 millones de m³, provenientes principalmente de la infiltración de la lluvia, así como del río Baluarte y de los retornos de riego. El balance del acuífero entre la recarga y descarga da como resultado una condición hidrológica de subexplotada. Esta condición ha sido posible en parte por la disponibilidad de los volúmenes almacenados en la presa Las Higueras.

En la evolución del nivel estático para el período de 1978 a 1982 se observan recuperaciones y descensos de 1 m.; lo que muestra valores que van desde 2 a 10 m. de profundidad (Plano 6.14).

En general el agua subterránea es de buena calidad para este valle. De acuerdo con la clasificación de Chase Palmer, las familias de agua que se encuentran es sódicas bicarbonatadas. El flujo regional del agua subterránea es en dirección al Océano Pacífico, siguiendo el cauce del río Baluarte que va de noreste a suroeste. Los usos del agua son agrícola, pecuario e industrial.

6.2.9 Zona Barra de Teacapan

Se localiza en la porción sureste del estado y al oeste de la región hidrológica 11, Presidio-San Pedro, ocupa una extensión superficial de 327 km². El valle presenta una forma pseudo rectangular con una orientación de nortesur, colinda en su flanco oriental con una zona de lagunas que son: Navajas, Mojarras, Agua Grande y el estero de Teacapan, al occidente se ubica el Océano Pacífico, al norte con el río Baluarte y al sur con el mismo estero de Teacapan.

Los materiales que forman el acuífero de esta zona están constituida principalmente por arenas del Cuaternario; los materiales son de grano fino a medio, con buena permeabilidad, sin embargo la presencia de masas de agua salina que limitan lateralmente a la barra condiciona la presencia del agua subterránea, reduciéndola a un delgado lente de agua dulce que sobreyace al agua salada. El acuífero se considera de tipo libre.

La extracción media anual es de 0.6 millones de m³. y se lleva a cabo mediante la operación de 33 aprovechamientos, incluyendo pozos y norias, con gasto promedio de 2 l.p.s. y profundidades que oscilan de 2.5 a 5 m. La recarga media anual se estima en 3 millones de m³. y es generada principalmente por la infiltración de la lluvia, precipitada sobre su superficie. De acuerdo a la relación de recarga y descarga, se considera a este acuífero en estado de equilibrio. El flujo de agua subterránea en esta zona es hacia el mar y lagunas que la limitan.

La calidad del agua va de mala calidad a tolerable, además dichas aguas se encuentran contaminadas por las aguas del mar. La relación de potencial de hidrógeno o pH indica la existencia de agua incrustante. De acuerdo con la clasificación de Chese Palmer, las familias de agua que se encuentran son sódicas cloruradas y magnésicas bicarbonatadas. El uso que se le da es pecuario, doméstico y agrícola.

6.2.10 Zona Río Cañas (Margen Derecha)

La zona tiene una extensión de 65 km²., se localiza en la porción sureste del estado, dentro de la región hidrológica 11, Presidio-San Pedro; este valle queda políticamente comprendido entre los Estados de Sinaloa y Nayarit; sus límites al norte son: las poblaciones El Tecolote, Las Pilas y El Cerro Bola; al sur y oriente el valle de Acaponeta y al occidente, la laguna La Garza y estero Puerta del Río.

El acuífero es de tipo libre, está constituido por depósitos aluviales del Cuaternario, representado por gravas, arenas y arcillas, predominando estas últimas hacia las porciones medias y altas del valle, estos sedimentos granulares están depositados sobre un substrato de rocas ígneas intrusivas y extrusivas de naturaleza impermeable, las cuales constituyen tanto la

frontera inferior como lateral del acuífero. La presencia de arcilla en este valle, limita la capacidad de almacenamiento y transmisibilidad del acuífero. En términos generales la zona es de permeabilidad baja y las transmisibilidades oscilan de 1.41×10^{-3} a 5.93×10^{-3} m³/seg.

La extracción media anual es del orden 0.2 millones de m³., misma que se efectúa a través de 1 pozo y 8 norias; el pozo tiene un gasto de 15 l.p.s., con un diámetro de descarga de 15.2 cm. (6") y con profundidades de promedio de 8 metros (entre norias y pozos). La recarga es de 3 millones de m³. anuales provenientes de infiltración de lluvia y del río Cañas, la condición geohidrológica del acuífero es de subexplotado. La evolución del nivel estático, para el intervalo de Julio a Noviembre de 1978 muestra recuperaciones hasta 1.2 m. y los niveles se tienen a profundidades de 2 m. cerca del río, y 4 m. en la porción alta del valle cerca de la estación Copales. El agua subterránea se considera de buena calidad, con valores de sólidos totales disueltos alrededor de 1 000 mg/l. El flujo subterráneo no coincide con el cauce actual del río Cañas y posiblemente corresponda a un cauce sepultado; resultando que actualmente el río no tiene influencia alguna en el flujo subterráneo. El uso que se le da es eminentemente doméstico y pecuario.