

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFIA

CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS DE LA VERTIENTE
DEL GOLFO DE MEXICO EN EL ESTADO DE VERACRUZ

TESIS QUE PRESENTA

ARTURO JIMENEZ ROMAN.

PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO EN GEOGRAFIA

MEXICO, D. F.

17133

1974

758



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

" Primero fue creada la tierra, los montes y los llanos; dividiéndose los caminos del agua y sa lieron muchos arroyos por entre los cerros y, en algunas y señaladas partes, se detuvieron y rebalsaron las aguas y de este modo aparecieron las al tas montañas".

(Saravia A. E. Popol Vuh. XXII C. T. pp. 5)

DEDICATORIAS

Al concluir este trabajo, que es un símbolo de la culminación de tan sólo un escalón más de mi modesta preparación, vienen a mi mente los nombres de todas aquellas personas las que de una u otra forma tomaron parte para que llegara este momento.

Cuanto hubiera deseado que mi madre gozara de la alegría y la satisfacción que me invade, y aunque se haya marchado para siempre, es a través de su recuerdo que está siempre presente y al que dedico, lo mismo que a mi padre, este pequeño triunfo, que es también triunfo de ellos, por ser parte de su vida y de su amor que siempre he tenido.

Con el cariño que siempre nos ha unido y en el cual va incluido solo una pequeña parte de mi agradecimiento, brindo a mis hermanos, mis hermanos políticos y sus descendientes estas humildes líneas.

Reconozco, que todas las palabras que pudiera escribir en este papel no podrían expresar cuan grande es mi reconocimiento hacia mis maestros; desde aquél que condujo mi mano pequeña y torpe para hacer mis primeras letras, hasta los que hoy toman parte de este honorable jurado, porque con sus enseñanzas he podido llegar a la realización de uno de mis más grandes anhelos; a todos ellos con respeto.

A mis compañeros de estudios y de trabajo así como a mis amigos, les ofrezco este trabajo como un signo de amistad, el cual deseo que sea un grato e inolvidable recuerdo como lo es para mí.

0080007

PREAMBULO

El propósito de este trabajo no es hacer un estudio completo del agua en el sentido estricto de la palabra, sino que más bien hacer una recopilación de la información dispersa sobre las características hidrográficas de las cuencas en que queda comprendido el Estado de Veracruz, al mismo tiempo analizar hasta donde es posible el uso de este recurso desde los comienzos de la humanidad en el mundo y ver que importancia ha tenido, tiene y tendrá en la vida de los habitantes de la región.

Existen algunos estudios hechos por profesionistas diferentes que en una u otra forma han enfocado sus trabajos al agua en la región de estudio; en éste como se ha mencionado se intenta tratar el mismo aspecto en el campo geográfico desde el punto de vista físico y con algunas relaciones humanas en cuanto al consumo de este valioso recurso.

Remontar en alas del tiempo para conocer el uso del vital líquido en otras épocas debe considerarse importante porque es precisamente a través de las páginas de la historia y del presente que se tiene que ver los aciertos y los errores para cada día aprovecharlo mejor.

Tengo mucho que agradecer a la Doctora María Teresa Gutiérrez de MacGregor, Directora del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México por las facilidades que me ha brindado para la realización del presente trabajo; al mismo tiempo quiero patentizar mi reconocimiento más sincero a la Doctora Laura Elena Maderey R. Jefe de la Sección de Recursos Naturales de la misma dependencia, por la libertad que me dió y por

sus acertados consejos que me sirvieron de guía para la elaboración de mi primera investigación, lo cual quedará presente en mi memoria.

- . -

INTRODUCCION

La historia misma del agua está vinculada a la existencia del planeta que hoy habitamos. Su constante movimiento de la atmósfera a la superficie de la Tierra y de ésta hacia el mar para retornar nuevamente a la atmósfera (ciclo hidrológico), ha motivado al hombre de diversas maneras.

Es interesante recordar, que muchos son los científicos del mundo que dan por verídica la hipótesis de que la vida se originó en el agua de los mares, de donde posteriormente sale parte de ella para habitar las tierras emergidas, sin dejar de ser esto causa para que se prescindiera del abundante líquido que sigue siendo parte integral de la vida de todo ser.

Con la aparición del hombre, éste como ser viviente medra las márgenes de los ríos y lagos en busca de alimento y de agua; con el transcurrir del tiempo se vuelve sedentario y se establece en las orillas de éstos con condiciones favorables.

Las grandes civilizaciones del mundo florecieron en las márgenes de los cuerpos de agua, entre ellos Mohan-Jo-Daro en el valle del río Indo, Egipto en el Nilo, Babilonia entre el Tigris y el Eufrates y otras más en Viejo Mundo; en América las grandes culturas se establecieron en zonas donde el agua era suficiente para satisfacer sus necesidades; logrando muchas de ellas crear verdaderas obras de ingeniería como canales, presas, acueductos, etc.

En México fue Netzahualcoyotl quien construyó los api-

polilli (acueductos), las apapantlas (acequias) y las tlaxquicalis (albercas que posteriormente los conquistadores llamaron jagüeyes).

Retrocediendo un poco en este contexto, el ser humano ha tratado siempre de explicar los fenómenos de la Naturaleza y en aquellos tiempos en que se carecían de muchos conocimientos, tuvo que optar por vincularlos a sus deidades creadas por él mismo, de esta manera encontramos dioses del bien y del mal, de la vida y de la muerte, de la guerra y de la paz, del infierno y del amor, del viento y del agua, etc. y aún en nuestros días el agua sigue estando estrechamente relacionada con la fé de muchos hombres.

Es hermoso en realidad ver como el hombre se ha preocupado por todo lo que acontece a su alrededor y comienza por encomendar a Shu de los egipcios, a Ormuz de los vedas, a Tlaloc de los aztecas y zapotecas, a Chac de los mayas ó a Muye de los otomfes, los problemas que el agua trae consigo.

Tlaloc es el Señor que habita en las cumbres llenas de nubarrones de la Sierra de Puebla, rodeado de su esposa Chalchitlicue, su favorita Xochiquetzal - señora de las flores y sus jardines -, de sus ninfas y sus ministros. Estos últimos tienen la misión de golpear con sus tlaloques (palos) el fondo de los cielos, golpes que se escuchan como truenos antes de descargar el agua almacenada que posteriormente a de fecundar a Centeocihuatl la diosa del maíz.

Muye es el Dios protector de los buenos temporales y en cuyo edén -Ixmatlahucan-, donde hay abundancia y crecen los árboles solo pueden ser admitidos los que fenecen ahogados o fulminados por el rayo. Este paraíso se localiza en un lugar próximo al

mar y a la orilla del río Papaloapan.

Con el transcurrir de las centurias, el hombre como el más despierto de todos los de su reino, se ha enfrentado a eso que constituye un enorme fenómeno geográfico que cubre las tres cuartas partes de la faz de la Tierra y corre por la superficie y las entrañas mismas de los continentes, dedicando parte de su tiempo en estudiarla cuidadosamente y darle un uso cada vez más adecuado, sin embargo graves son los problemas que se presentan con ello.

En el presente trabajo se tratan de analizar esos factores que influyen en las características hidrográficas de la fracción de la vertiente del Golfo de México que corresponde al Estado de Veracruz, complementadas con su importancia, su uso y las consecuencias que trae consigo.

Este estudio está realizado a nivel de cuencas, y por ende se proyecta más allá de los límites políticos de la entidad Veracruzana y comprende parte de otras como Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, México, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas y Tlaxcala, para cubrir en conjunto una extensión de 206 547 Km² en la que se incluyen todos aquellos ríos que cruzan el Estado de Veracruz: el Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, La Antigua, Jamapa, Papaloapan, Coatzacoalcos, Tonalá y embalses y corrientes de menor importancia localizados entre ellos. En otras palabras, el área que se aborda equivale a las regiones hidrológicas que la Secretaría de Recursos Hidráulicos ha designado con los números 26 (cuenca del río Pánuco), 27 (Tuxpan-Nautla), 28 (Atoyac, La Antigua, Jamapa y Papaloapan), 29 (Coatzacoalcos y Tonalá). De la primera existen dos organismos dependientes del mismo ministerio que se ocupan de su estudio a saber:

a) La Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

- b) La Comisión de Estudios de la Cuenca del río Pánuco.
- c) De la tercera existe la Comisión del río Papaloapan.

Los diversos aspectos, relacionados con el agua, que aquí se exponen son en su primera parte físicos de los cuales depende el comportamiento de los escurrimientos sobre la superfi-cie donde fluyen, siendo los principales:

- a) fisiografía,
- b) cuencas hidrográficas,
- c) climatología,
- d) régimen hidrológico y
- f) morfología.

En el segundo capítulo se trata al agua como recurso, no solamente para subsistencia del hombre y de los demás seres animados sino también para el desarrollo económico y social del primero, porque es innegable que su demanda se incrementa notablemente día con día, a medida que se progresa en las diferentes ramas de la vida moderna y conforme aumenta la población, de ahí que se toquen los usos más importantes como:

- a) agua potable,
- b) industria,
- c) riego,
- d) navegación,
- e) piscicultura,
- f) energía hidroeléctrica y
- g) turismo.

La tercera fase de este estudio trata el tema tan de moda, de contaminación de las aguas como resultado de su uso y se exponen algunas soluciones al respecto.

CAPITULO I

ELEMENTOS FISICOS

Generalidades. Fisiografía. Cuencas Hidrográficas. Clima. Régimen hidrológico. Algunos aspectos geomorfológicos. --

GENERALIDADES

Los elementos físicos son importantes en los estudios hidrogeográficos porque su influencia se refleja en todo escurrimiento.

Por medio de la fisiografía se conocen las características físicas del terreno, que van a influir en la distribución del drenaje y en el comportamiento del mismo en las cuencas hidrográficas cuyos regímenes de escurrimiento están interrelacionados a su vez con las fluctuaciones climatológicas existentes en cada unidad. Por otro lado el agua como uno de los principales agentes modeladores actúa sobre el terreno labrando formas que determinan a su vez su escurrimiento.

FISIOGRAFIA

El estudio de la fisiografía se hace en base a:

a). La estructura y la historia geológica.

- b). Los agentes erosivos y el modelado alcanzado por éstos.
- c). La topografía de la región.

Existen diversas clasificaciones hechas por varios autores en las que cada uno expone diferentes criterios que a juicio de ellos mismos son los más apropiados; de esta manera el número de provincias fisiográficas aumenta o disminuye.

Tomando en consideración lo arriba expuesto, en México resultan las siguientes unidades fisiográficas:

- 1). Llanura Costera del Golfo de México y Península de Yucatán.
- 2). Sierra Madre Oriental.
- 3). Istmo de Tehuantepec.
- 4). Sierra Volcánica Transversal
- 5). Altiplanicie Mexicana.
- 6). Provincia de Chiapas.
- 7). Depresión del Balsas.
- 8). Sierra Madre Occidental.
- 9). Sierra Madre del Sur.
- 10). Llanura Costera del Pacífico.
- 11). Península de Baja California.

El presente trabajo comprende parte de las cuatro primeras y en menor proporción de las dos subsiguientes, por ende son seis provincias fisiográficas las que se tratarán a continuación y son localizadas en el mapa 1.

1). Llanura costera del Golfo de México y la Península de Yucatán, se localiza al este y sureste del Territorio Nacional, constituyendo la cuenca del Golfo de México

Esta provincia fisiográfica es una continuación de la

llanura costera del este y sur de los Estados Unidos de Norteamérica. Se origina al oriente de las montañas Apalaches, continúa al sur hasta la península de Florida, la cual forma parte de ella, sigue por la costa del Golfo de México, penetra a tierras mexicanas al cruzar el río Bravo y prosigue hasta la península de Yucatán que también se incluye en ella. Al hacer este recorrido, la llanura costera atraviesa parte de las entidades de Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Está delimitada al norte por el río Bravo y el Golfo de México, al sur por la Sierra Madre de Chiapas, al este también por el Golfo de México y al oeste y suroeste por la Sierra Madre Oriental. La configuración de la llanura es semejante a la de un huso muy irregular con sus extremos bastante amplios y su parte media considerablemente estrecha; esta provincia empezó a sufrir una serie de lentos movimientos verticales de ascenso durante el período Cretácico, los cuales se continuaron en la Era Terciaria y prosiguen aún en nuestros días.

La pendiente de este tipo de llanura costera de levantamiento es muy escasa, decrece suavemente desde los 200 m. hasta el nivel medio del mar, aunque no de manera uniforme ya que presenta ondulaciones y elevaciones aisladas de las que posteriormente se tratará.

La provincia fisiográfica en cuestión presenta algunas variantes muy marcadas por las que puede dividirse en tres sub-provincias:

- a) Llanura del Noreste.
- b) Llanura del Sureste.
- c) Llanura de la Península de Yucatán.

a). Llanura costera del Noreste. Comprende la mayor parte del Estado de Tamaulipas y aproximadamente la mitad del Estado de Veracruz, es decir, desde el río Bravo en el norte hasta la Sierra Volcánica Transversal en el sur, en ella el principal agente modelador es el agua igualmente que en las otras dos subprovincias, sin embargo la frecuencia e intensidad de las precipitaciones como se verá más adelante son menores en ésta, por lo tanto la evolución erosiva difiere de las otras ya que aquí por ejemplo el paisaje Kárstico se encuentra poco evolucionado.

En esta subprovincia los fenómenos tectónicos no se presentan por lo que se considera una región asísmica, sin embargo existen en ella algunas elevaciones aisladas de naturaleza ígnea producto de la actividad volcánica del terciario, siendo los más importantes los cerros de la Dicha, La Paz, Margarita, El Trueno, Las Borrachas Potztecitla, Zaragoza, El Pelón y Tultepec, así como la Sierra de Tantima.

La zona de contacto entre la llanura y la Sierra Madre Oriental, no es uniforme sino que algunas estribaciones de esta última penetran en la primera como la Sierra de San Carlos y la Sierra de Tamaulipas así como el extremo oriental de la Sierra Volcánica Transversal.

La geología superficial de ésta región (mapa 2) está constituida por una serie de formaciones en su mayoría de la era Cenozoica y en menor proporción de la mesozoica*:

1). De la era Cenozoica se tiene del pleistoceno y reciente en una porción desde la desembocadura del río Bravo al este de la ciudad de Reynosa, que se proyecta hacia el sur, hasta

* C.C.G.M. Carta Geológica de la República Mexicana.

el norte de Punta Jeréz y desde la laguna de Altamira, por toda la costa y finaliza en Punta Delgada, parte de ésta penetra hacia el interior del continente por los ríos Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla y Nautla, en donde predominan las arenas, limos y arcillas, es decir son de origen marino y costero-aluvial.

II). Formaciones del Plioceno de origen marino y costero-aluvial que se localizan desde Reynosa hasta el nor-noroeste de Santa Rosa Tamaulipas.

III). Formaciones del Mioceno de origen marino localizados en una franja que se extiende desde el este de ciudad Camargo hasta Punta Jeréz y desde el noreste del poblado de Tamiahua hasta Misantla, Veracruz.

IV). Formaciones de origen marino del Oligoceno que comprende una franja que se extiende desde el norte de ciudad Camargo hasta el este de Punta Jeréz y desde ésta hasta el sur de Papantla interrumpida por penetraciones del Pleistoceno.

V). Formaciones del Eoceno de origen marino y continental que corresponden a la subprovincia se encuentran desde la presa Falcón hasta la Sierra Volcánica Transversal en una angosta faja de orientación muy irregular al poniente de la formación anterior.

VI). Resto de formaciones del período Paleoceno, el más antiguo de la era Cenozoica se localizan al este de la Sierra de San Carlos, norte de la Sierra de Tamaulipas, sureste de la Estación Manuel y en una zona que va desde el poblado de Cailles, Tamaulipas hasta el río Pánuco y el oriente y oeste de San Luis Potosí y Veracruz respectivamente.

VII. Materiales del Cenozoico Medio Volcánico (del Oligoceno al Plioceno inferior) representado por lavas, brechas, tobas, ríolitas y andesitas que se localizan en forma aislada en Villa Aldama, Tamaulipas y Tepetzintla, Veracruz.

VIII). Rocas de origen ígneo como andesitas, brechas, y tobas basálticas del Cenozoico Superior Volcánico, es decir del Mioceno al Reciente se encuentra rodeando a la formación anterior en la zona del norte de Tepetzintla así como en la cuenca media del río Nautla.

XI). Formaciones de origen marino y continental de la era Mesozoica del cretácico superior se localizan desde Xicotencatl hasta el río Santa María.

El terreno de esta subprovincia es ligeramente ondulado, sin contar con las elevaciones de origen ígneo ya mencionadas. En el cordón litoral existen dunas estabilizadas, por la vegetación espontánea y dos de las lagunas más grandes del país, la laguna Madre y la de Tamiahua y otras menos importantes como son Altamira, Tortuga, Pueblo Viejo y Tampamachoco.

b). Llanura del Sureste. Se extiende desde la Sierra Volcánica Transversal hasta el río Champotón, comprende parte del sur de Veracruz, Tabasco y extremo suroeste de Campeche. La razón principal de la existencia de esta subprovincia, es el hecho de encontrarse en la zona más húmeda, en la que los acarreos de los escurrimientos han sido depositados en las partes más bajas dándole un modelado diferente a la región donde son muy comunes las zonas pantanosas y los depósitos de agua debidos a la escasa pendiente del terreno.

La única manifestación volcánica en esta subprovincia

se localiza en la región de Los Tuxtlas próximo a la costa. En esta zona existen varios volcanes como el San Andrés Tuxtla con 1 400 m. de altitud, con un cráter adventicio denominado Santiago Tuxtla con altura de 1 000 m.s.n.m., hacia el sureste se localiza el volcán San Martín Pajapan cuya cima alcanza los 1 400 m. de altitud, a sus extremos están los cráteres secundarios denominados Cerro Muerto al noroeste con 1 000 m.s.n.m., el cerro Campanario en la misma dirección con elevación de 1 200 m.s.n.m. y al sureste el cerro Pelón con 1 200 m.

Los dos últimos años en que hubo actividad del volcán San Martín Tuxtla fueron 1664 y 1793. Entre los volcanes de San Martín Tuxtla y San Martín Pajapan se localiza el Lago de Catemaco.

Esta subprovincia está comprendida en dos zonas tectónicas, la primera desde la Sierra Volcánica Transversal hasta el río Tonalá con alta sismisidad, y de ahí que se le considere sísmica y la segunda donde los temblores son poco frecuentes, asísmica o sismisidad media.

La geología superficial* (mapa 2) está constituida por formaciones diversas todas ellas de la era Cenozoica entre las que se encuentran:

I). Formaciones del Pleistoceno y Reciente de materiales de origen marino y costero-aluvial como las gravas, arenas, arcillas en la parte baja de las cuencas de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos, Tonalá, Grijalva y Candelaria.

II). Materiales del Mioceno formados de calizas, luti-

* C.C.G.M. Carta Geológica de la República Mexicana.

tas, areniscas y arcillas en la cuenca media de los ríos Coatzacoalcos y Uxpanapa, en el extremo norte de Chiapas.

III). Formaciones del Plioceno ubicadas al norte de Tamacuspán y extremo sureste del Estado de Tabasco.

IV). Derrames de lava, brechas y tobas del Cenozoico Medio Volcánico, es decir del Oligoceno al Plioceno inferior se localizan la región de los Tuxtlas.

c) Llanura de la Península de Yucatán es una extensa plataforma que comprende las entidades de Yucatán, Quintana Roo y Campeche así como Honduras Británicas y el Petén en Guatemala. Esta península se caracteriza por ser casi plana, solo existen ondulaciones de poca importancia, el relieve más importante es la Sierrita de Ticul, localizada al sur; su clima es menos húmedo que el de la provincia anterior pero no tanto como para que carezca de escurrimientos, sin embargo, la naturaleza del terreno no ha impedido la existencia de ríos superficiales ya que el agua actúa como disolvente sobre las rocas calcáreas que la constituyen pues al penetrar por las fisuras ha ido labrando un paisaje kárstico en el que los ríos fluyen subterráneamente y sólo puede notarse su presencia cuando ocasionalmente ocurren derrumbes de las bóvedas de las cavernas, formando grandes cavidades llamadas cenotes o dolinas.

En las ondulaciones mencionadas se acumula el agua de la lluvia dando lugar a la formación de pequeños lagos de escasa profundidad que posteriormente se secan.

La actividad tectónica en esta subprovincia no se pre

senta, por ende desde este punto de vista es asísmica.

La geología superficial de esta subprovincia* (mapa 2) está constituida por:

I) Materiales de origen marino y continental del Eoceno en la mayor parte del Estado de Campeche, suroeste de Yucatán y oeste de Quintana Roo.

II). Formaciones del Plioceno, de origen marino y costero-aluvial, de rocas marinas no diferenciadas que se localizan desde el noreste de Campeche, rodea las partes norte y este de las formaciones anteriores.

III). Depósitos de origen marino y costero-aluvial del Pleistoceno y Reciente consistente en terrazas marinas, gravas arenas, limos y rocas de posible edad pleistocénica en el extremo norte de la península y el suroeste de Campeche.

2). Sierra Madre Oriental es un sistema montañoso que se prolonga desde el río Nazas, entre los Estados de Durango y Coahuila (zona de contacto con la Sierra Madre Occidental), dirigiéndose del oeste al este hasta el Cerro de la Silla, al sur de la ciudad de Monterrey; a partir de éste, cambia a una dirección noroeste-sureste finalizando en el Istmo de Tehuantepec.

La Sierra Madre Oriental se originó en el Cretácico Medio y Superior (Mesozoico) cuando fuerzas horizontales de compresión actuaron sobre el terreno formando un anticlinorio; posteriormente en el terciario, nuevamente hubo esa actividad con menor intensidad y ya en el cuaternario se encuentra en calma.

* C.C.G.M. Carta Geológica de la República Mexicana.

La disposición angular de este sistema, la explica la teoría en la que se indica que, las fuerzas orogénicas que plegaron la superficie de la actual provincia, afectó a una línea con orientación noroeste-sureste, excepto la parte norte, ya que la naturaleza ígena de la península de Coahuila* pudo resistir el empuje de dichas fuerzas, no así el terreno que estaba entre ambas zonas, que se plegó cambiando así la dirección de la Sierra Madre Oriental.

Los anticlinales que la forman se encuentran más separados en la parte norte por depresiones intermontanas (sinclinales) mientras que hacia el sur se aproximan entre sí hasta quedar casi juntos. La dirección que tienen estos plegamientos entre las ciudades de Torreón y Monterrey es de oeste a este y desde ésta última el rumbo cambia a noroeste-sureste hasta el Istmo de Tehuantepec como ya antes se mencionó.

Durante toda la trayectoria de la Sierra Madre Oriental, los elementos que la constituyen reciben diferentes nombres como las sierras de Taray, Esmeralda, Los Amargos, Enmedio, de los Angeles, Tamaulipas, Potosina, Aculzingo, Tamazulapa, Nochtlán de Juárez, etc. etc.

La geología superficial de esta provincia** (mapa 2) está representada por formaciones del Mesozoico y Cenozoico, entre los cuales se tiene:

I). Formaciones del período Triásico en zonas aisladas del este de Durango, sur de los Estados de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León; y una faja delgada en el noreste de Oaxaca. Aquí predominan las rocas calizas, esquistos, lutitas y argilitas

* Alcorta G. Ramón: Caminos de México. pp. 4

** C.C.G.M. Carta Geológica de la República Mexicana

nititas marinas.

II) Formaciones de origen marino y continental del Jurásico que se localizan en las zonas pequeñas y aisladas del sur de Chihuahua y Nuevo León, noreste de Hidalgo y Puebla, sur de Tlapacoya; este de Zongolica en el Estado de Veracruz y oeste de Huautla en Oaxaca.

III). Formaciones del Cretácico inferior se encuentran en áreas aisladas correspondientes a los anticlinales en los Estados de Durango, Chihuahua, Coahuila, este de Nuevo León y Sierra de Tamaulipas en esa misma entidad entre las ciudades del Maíz y Tamazunchale, San Luis Potosí y partes de poca importancia en el noreste de Oaxaca; las rocas predominantes son calizas, dolomitas, lutitas, margas y calizas margosas.

IV). Formaciones de el Cretácico Superior que se localizan centro de Tamaulipas, extremo oriental de Hidalgo, entre Zongolica, Ver. y Tehuacán, Pue. y desde Orizaba hasta el río Trinidad con una dirección noroeste-sureste cubriendo gran parte del este de Oaxaca. Estas formaciones son de origen marino y continental consistentes en rocas calizas y margas principalmente.

V). Formaciones del Cenozoico Superior Volcánico se localizan en el centro de Veracruz, lugar donde se cruzan la Sierra Madre Oriental y la Sierra Volcánica Transversal, formada por rocas volcánicas como lavas, brechas, tobas y andesitas.

VI). Por último las formaciones del Cenozoico Superior Clástico y Terciario Continental, constituidas por rocas clásticas, de origen aluvial y lacustre de edad variable del Mioceno

Medio al Reciente, es decir rocas volcánicas erosionadas con algunas rocas calizas, yeso, turba y diatomita y distribuidas en una gran extensión que comprende desde el sur de Coatepec al norte de Cosamaloapan y desde el este de Córdoba y Tierra Blanca hasta el oeste del puerto de Veracruz y la laguna de Alvarado.

3) Istmo de Tehuantepec es una provincia fisiográfica ubicada en la zona más estrecha de la República Mexicana, limitada por la provincia de Chiapas al este y la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur al oeste; presenta la forma de una depresión que aumenta de altitud de norte a sur alcanzando más de 600 m en la sierra atravesada para perder altura hacia el sur a medida que se acerca a la costa.

El Istmo de Tehuantepec emergió debido a los movimientos tectónicos durante el Terciario superior y Cuaternario inferior, actualmente sigue siendo una zona de gran inestabilidad.

Su geología superficial* la constituyen formaciones del plioceno y Reciente de materiales marino y costero aluvial al norte, al sur y pequeñas porciones del centro en las que existen gravas, arenas y limos. Del Paleozoico existen rocas metamórficas como esquistos, filitas, mármol, cuarcita y rocas volcánicas foliadas, entre los ríos Coatzacoalcos y Espíritu Santo y al norte del primero se encuentran rocas graníticas intrusivas.

En el límite de Oaxaca y Veracruz se localizan formaciones del Triásico de origen marino y continental y del Cretácico inferior del mismo origen. Entre el poblado de Jesús Carran

* Schmieder O. Geografía de América Latina. Cap. III. pp. 176

za, y el río Uxpanapa existen materiales del Mioceno y en zonas aisladas formaciones del Oligoceno, ambas de origen marino.

4). Provincia Fisiográfica de Chiapas, como su nombre lo indica se encuentra comprendida en ese mismo Estado, limitada al norte por la llanura costera del Golfo de México, al sur y suroeste con el Golfo de Tehuantepec, al este con la República de Guatemala y la península de Yucatán y al oeste con el Istmo de Tehuantepec.

Tectonicamente la provincia de Chiapas se considera una región sísmica debido a la alta frecuencia de movimientos telúricos registrados.

En esta provincia se distinguen cuatro subprovincias fisiográficas a saber:

- a) La región montañosa y de mesetas del norte,
- b) la depresión central,
- c) la Sierra Madre de Chiapas y
- d) la llanura costera del suroeste.

a). La región montañosa y de mesetas del norte. Está constituida por un conjunto de sierras en las que predominan las rocas sedimentarias de origen marino y continental del Cretácico y Eoceno, de origen marino del Paleoceno, Oligoceno y Mioceno y marino y costero-aluvial del plioceno, Pleistoceno y Reciente y rocas volcánicas de origen volcánico como lavas, brechas, tobas, andesitas y riolitas del Cenozoico medio y superior. La mayor parte de estas sierras son plegamientos, aunque existen algunos edificios volcánicos como el Zontéhuitz situado al este de San Cristóbal las Casas, originado en el Mioceno y con una altitud de 2 600 m.

San Bartolomé y el Hueytepec o Teytipec localizados al oeste de esta región, el primero próximo a Solistahuacán y el segundo entre San Cristóbal e Ixtapa y por último el volcán el Chichón próximo a Teapa.

Todos ellos se presentan con una orientación de noroeste a sureste; algunos están sujetos a procesos erosivos que han dado lugar a formaciones de mesetas y depresiones intermontanas cerradas con material clástico como arenas y cenizas, que impiden el escurrimiento y se forman lagos.

b) La depresión central de Chiapas está rodeada por la región montañosa del norte, la Sierra Madre de Chiapas al norte y sur respectivamente y se extiende desde los límites de los Estados de Oaxaca y Chiapas hasta la frontera de México y Guatemala, es decir: tiene una dirección noroeste-sureste con elevación media de 600 m.s.n.m. Su geología superficial* está representada por rocas calizas de origen marino y continental del Cretácico medio y superior, algunas de estas formaciones se encuentran levemente plegadas dando lugar a un terreno poco escarpado.

El paisaje kárstico es muy característico.

Esta depresión tiene salida al Golfo de México a través del río Grijalva.

c) La Sierra Madre de Chiapas comprendida entre la depresión central y la llanura costera, sigue el mismo rumbo que las anteriores subprovincias; sirve de parteaguas a los ríos que vierten al Golfo de México y a los que lo hacen al Océano Pacífico.

* C.C.G.M. Carta Geológica de la República Mexicana.

La ladera del norte es de pendiente suave por las que descienden gradualmente los escurrimientos que en ella se originan, algunas de estas corrientes han labrado el terreno, como el caso del Cañón del Sumidero. Por lo contrario en la ladera sur, la topografía es brusca y los ríos de escasa longitud se precipitan rápidamente a la llanura costera.

En esta subprovincia existen algunos edificios volcánicos entre los que se pueden mencionar:

- 1). El Boquerón que se localiza al noroeste del pueblo de Toquián próximo a la frontera con Guatemala, cuyo edificio muy erosionado tiene una altitud de 2 280 m.
- 2). El Cerro Rancho Quemado localizado al sureste del Boquerón de forma alargada y se eleva a 2 280 m.s.n.m.
- 3). El Chiquinchaque, volcán con una altura de 2 000 m.s.n.m., ubicado a 5 Km. al noroeste del Boquerón.
- 4). El Tacaná que es el más importante debido a que su cima alcanza 4 026 m. de altitud. Está formado por tres edificios volcánicos dispuestos en forma de escalones siendo naturalmente el más antiguo el exterior y los dos más recientes son los interiores, sus manifestaciones más recientes datan de 1855 y 1878.

La geología superficial* de la Sierra Madre de Chiapas está formada en su mayoría por rocas graníticas intrusivas del Paleozoico, desde el Istmo de Tehuantepec hasta la frontera con Guatemala; en menor proporción de rocas metamórficas e intrusivas de la misma era entre el río Espíritu Santo al norte del po

* C.C.G.M. Carta Geológica de la República Mexicana.

blado de Tapanatepec, en la parte central de esta sierra existen rocas del Cuaternario y en el extremo suroeste se encuentran estratos rojos del triásico que bordean a las formaciones del Paleozoico Superior constituidas por rocas calizas y dolomitas de origen marino y continental. Por último en el extremo suroeste se encuentran las rocas del Cenozoico Medio Volcánico representadas por tobas, brechas y derrames de lava.

d) La llanura costera del suroeste. Esta subprovincia se ubica al suroeste de la Sierra Madre de Chiapas, es una faja costera que se orienta de noroeste a sureste, es decir, desde el Istmo de Tehuantepec hasta la frontera de México con Guatemala. La geología superficial* está representada por formaciones del Cuaternario, en las que predominan materiales de origen marino y costero-aluvial como gravas, arenas y limos.

La morfología plana de esta región está atravesada por diversos ríos que tienen su origen en la Sierra Madre de Chiapas y es notable también la presencia de algunas lagunas costeras y zonas pantanosas.

Para algunos autores no existe la provincia fisiográfica de Chiapas en forma independiente, sino que consideran que la región montañosa y de mesetas del norte es una prolongación de la Sierra Madre Oriental, la depresión central continuación de la del Balsas y la Sierra Madre de Chiapas de la Sierra Madre del Sur, debido a las semejanzas que desde el punto de vista geológico existen, más no toman en cuenta que la región del Istmo se interpone entre ambas y por lo tanto se puede considerar como otra provincia.

5). Sierra Volcánica Transversal es una provincia fi-

* C.C.G.M. Carta Geológica de la República Mexicana.

siográfica que atraviesa el territorio nacional de este a oeste a la latitud de 19° norte, recorriendo una longitud de 900 Km. en una faja de 130 Km. de ancho desde el Golfo de México hasta el Océano Pacífico.

Las formaciones de esta cordillera datan del período Cretácico Superior (era Mesozoica) época en que se sucedieron una serie de levantamientos que continuaron durante el Terciario y posteriormente, del Oligoceno al Plioceno se originaron plegamientos que dieron lugar a fallas por las que el material ígneo escapó, provocando una intensa actividad volcánica sobre todo en el Plioceno y Reciente formando grandes edificios entre ellos:

- 1) El Cofre de Perote (4 110 m) y Citlantepetl o Pico de Orizaba (5 700 m.) en el Estado de Veracruz.
- 2) La Malinche (4 460 m.) en el límite de Puebla y Tlaxcala.
- 3) El Iztaccíhuatl (5 386 m.) y Popocatépetl (5 450 m.) y el Ajusco (3 953 m.) al este y sur del Distrito Federal.
- 4) El Nevado de Toluca (4 558 m.) en el Estado de México.
- 5) El Tancítaro (3 845 m.) y el Pico de Quinceo (2 750 m.) en Michoacán.
- 6) El Volcán de Colima (4 330 m.) y el Nevado de Colima en Jalisco y otros de menor importancia.

La actividad volcánica prosigue aún en el presente período, según se demuestra con la formación del Jorullo en 1759, el Parícutín en 1943 y las fumarolas que hoy en día presenta el Popocatépetl.

La acumulación de materiales de origen volcánico ocasionó la formación de algunas pequeñas cuencas cerradas como la de Atotonilco, Sayula y Pátzcuaro, Cuitzeo, Metztlán y Valle de México. De todas ellas las dos últimas son de nuestro interés por estar comprendidas en la región de estudio.

La cuenca de la laguna de Metztlán que es alimentada por el río del mismo nombre, está unida artificialmente al río Moctezuma por dos túneles que se iniciaron a fines del siglo pasado.

La cuenca del Valle de México es la más importante ya que en ella se ubica la Ciudad de México. En ésta se encuentran algunos lagos como el de Xochimilco, Texcoco y Zumpango. Está comunicada con el río Pánuco por el Tajo de Nochistongo y el túnel y el canal de Tequixquiac.

La geología superficial* de esta provincia (mapa 2) está constituida en su mayor parte por material volcánico como derrames de lava, brechas y tobas de composición variable de basalto a riolita y material piroclástico del Oligoceno al reciente. Existen también rocas clásticas de origen aluvial y lacustre del Mioceno al Reciente en una vasta zona del Estado de Veracruz que tiene por límites al norte, Coatepec, al sur Cosamaloapan y Tlaxiaco al este el puerto de Veracruz y la laguna de Alvarado y al oeste Orizaba y Tierra Blanca. Del Pleistoceno y Reciente predominan las arenas, los limos y las arcillas de origen marino y costero -aluvial en una zona que se extiende desde la ciudad de Pachuca hasta aproximadamente la mitad del Distrito Federal.

6). Altiplanicie Mexicana. Se localiza entre los prin-

* C.C.G.M. Carta Geológica de la República Mexicana.

cipales sistemas montañosos del país, esto es: la Sierra Madre Oriental al este, la Sierra Volcánica Transversal al sur y la Sierra Madre Occidental al poniente. Su mayor altitud está en el sur y decrece en forma escalonada hacia el norte por lo que se le calcula una altura media de 2 000 m.s.n.m. según R. Alcorta*, quien también afirma que su constitución está alternada por varias depresiones y algunas serranías, que la hacen ser de topografía más accidentada.

Por otra parte, los materiales que hoy en día forman la altiplanicie se encuentran sobre un material rocoso plegado que posteriormente se ha ido rellenando.**

Tectónicamente el ingeniero Manuel Alvarez*** vincula la porción norte a la Sierra Madre Oriental y la sur a la Sierra Madre Occidental.

Su geología superficial se caracteriza por tener las formaciones siguientes****: (mapa 2)

I). Mesozoico no diferenciado, con calizas, lutitas y rocas clásticas de edad desconocida se encuentran en una zona semejante a un huso próximo a San Luis de la Paz.

II). Materiales del Cretácico Inferior de origen marino y continental con rocas calizas y volcánicas se localizan al oeste de Cerritos San Luis Potosí.

III). Las formaciones del Cenozoico Medio Volcánico que comprende del Oligoceno al Plioceno inferior, son de origen con-

* Alcorta R. Caminos de México, pp. 3

** Schmieder O. Geografía de América Latina. Cap. III pp.131-2

*** Alvarez Manuel. Geología de México. pp.54-55

**** C.C.G.M. Carta Geológica de la República Mexicana.

tinental con derrames de lava, brechas y tobas de composición variable a riolitas. Estas se encuentran cubriendo la mayor parte del área correspondiente a esta provincia en una forma muy irregular desde el sur de Tecozautla hasta los límites con el Valle de México y otra desde Colón hasta el oeste del río Verde y este de San Diego de la Unión.

IV). Cenozoico Superior Clástico y Volcánico de origen continental que se encuentra entre el Mioceno y el Reciente se formaron rocas volcánicas como lavas, brechas y tobas basálticas y andesitas y algo de yeso, turba, dolomita y andesita se encuentran distribuidas también en forma irregular desde San Juan del Río, Querétaro hasta Tecozautla y Cadereyta; al sureste de San Luis Potosí y noreste y oeste de San Juan de los Lagos.

CUENCAS HIDROGRAFICAS.

Las cuencas hidrográficas son unidades geográficas de tamaño variable que dan lugar a corrientes que dependen principalmente de las características climatológicas y topográficas del terreno que drenan.

Dada a la configuración alargada del Estado de Veracruz, éste abarca varias cuencas hidrográficas que forman parte de la vertiente del Golfo de México: cuenca del río Pánuco, cuenca del río Tuxpan, cuenca del río Cazones, cuenca del río Tecolutla, cuenca del río Actopan, cuenca del río la Antigua, cuenca del río Jamapa, cuenca del río Papaloapan, cuenca del río Coatzacoalcos, cuenca del río Tonalá y las cuencas de otras corrientes de menor importancia que se ubican entre las anteriores.

En seguida se da una descripción lo más detallada posible de la red hidrográfica de cada una de las cuencas que comprende la región de estudio que se ilustra con el mapa 3 y con más detalles en los mapas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

RIO PANUCO. La cuenca hidrográfica del río Pánuco, se situá entre los 19 00' y los 24 00' de latitud norte, y los 97 45' y los 101 20' de longitud oeste. La superficie drenada comprende parte de las entidades de Hidalgo, México, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Nuevo León, Guanajuato, Tlaxcala, Puebla y el Distrito Federal, abarcando una extensión de 84, 956 Km². Las cuencas limítrofes son: al norte el río Soto la Marina y la región del Salado, la del río Balsas al este y al sur, la de los ríos Tuxpan, Cazones y Tecolutla y al oeste la cuenca del río Lerma.

El río Pánuco nace propiamente en la cuenca del Valle de México cuyas aguas se vierten artificialmente hacia el sistema fluvial en cuestión.

La cuenca del Valle de México fue endorreica hasta principios del siglo XVII, época en que se empezaron a realizar obras de desagüe de los diferentes lagos y ríos de dicha zona. La finalidad primordial de la realización de éstas fue la de resguardar a la ciudad de México de las periódicas inundaciones que sufría en la época colonial. Por estas causas las autoridades del virreinato encargaron al cosmógrafo alemán Heinrich Martin (Enrico Martínez) la construcción del túnel de Huehuetoca y para 1608, las aguas de la cuenca empezaron a fluir en el sistema del río Pánuco.

Con posterioridad esta obra interrumpió sus funciones por haberse derrumbado debido a la naturaleza del terreno, esto

ocasionó que las inundaciones prosiguieran, y fue hasta el último cuarto del siglo XVIII cuando se concluyeron las obras del Tajo de Nochistongo que sustituye al túnel de Huehuetoca y funciona hasta nuestros días. La obra del Tajo resultó insuficiente y la invasión de aguas continuó por lo que se hicieron otro tipo de construcciones que resolvieron en parte el problema, y así se realizó la construcción del gran Canal del Desagüe y el túnel de Tequixquiac, los cuales fueron puestos en servicio en 1900, por los que tiene salida las aguas negras y fluviales de la ciudad de México y las vierten en la cuenca del río Pánuco.

Las corrientes fluviales más importantes que drenan el Valle de México y vierten sus aguas en el sistema del río Pánuco de la manera indicada, aparecen en el cuadro número 1, las cuales son incorporadas al drenaje de la ciudad por medio de canales como los tajos de Nochistongo y Tequisquiac y por túneles como el Nuevo Túnel de Tequisquiac que como ya se expuso constituyen los desagües artificiales que drenan el primero al río Salado y los dos últimos al río El Salto, que son afluentes del río Tula el que a su vez es continuación del río Pánuco.

Después de que el colector general recibe las aguas del Valle de México a través del río Salado, el primero se orienta hacia el norte hasta el poblado de Ixmiquilpan, Hgo., aquí cambia su curso al noroeste hasta la afluencia del río San Juan del Río a partir de ésta, el colector general recibe el nombre de río Moztezuma que sigue un curso general hacia el nor-noreste hasta la confluencia con el río Extoraz, punto donde cambia su dirección y fluye al noreste hasta el poblado de el Higo, Ver. y modifica la dirección de su escurrimiento al norte hasta la confluencia con el río Tamuín o Tumpaón, para después proseguir con el nombre de río Pánuco hacia el sureste y desembocar en el Golfo de

México.

Los diferentes escurrimientos que afluyen al colector general, así como sus subafluentes y sub-subafluentes, se encuentran comprendidos en el cuadro número 2.

LAGUNA DE TAMIAHUA. Sabido es que las lagunas litorales como la de Tamiahua, son importantes desde el punto de vista hidrográfico, más por tener origen morfológico, se incluye dentro de este tema posteriormente.

RIO TUXPAN. La cuenca del río Tuxpan está limitada por el parteaguas del estero del Corral al norte; al sur por el de los ríos Tecoxtempa y Cazones y al oeste por la cuenca del río Pánuco. Sus coordenadas extremas son: $21^{\circ} 16'$ y $22^{\circ} 18'$ de latitud norte y $97^{\circ} 18'$ y $98^{\circ} 29'$ de longitud oeste. La superficie total de la cuenca es de $5\ 899\ \text{Km}^2$.

El nacimiento del río tiene lugar al este de la Sierra Madre Oriental, a una altura de 2 750 m. sobre el nivel del mar, dentro del Estado de Hidalgo, su nombre inicial es el de río Pantepec, el cual se orienta hacia el norte hasta la confluencia con el río Vinazco donde cambia al oriente pasando por la población de Alamo, Ver., y aguas abajo se le conoce como río Tuxpan hasta su desembocadura en el Golfo de México.

Los principales escurrimientos que en importancia le siguen al colector general antes descrito, aparecen en el cuadro número 3.

RIO TECOXTEMPA. Nace al norte de la población de Tihuatlán, Ver. se orienta hacia el norte y antes de desaguar en el Golfo de México da lugar a la formación de la laguna y el estero de Tumilco.

ARROYO JUAN GONZALEZ. Esta corriente se localiza a 7 Km. al noroeste de la desembocadura del río Cazonés y contribuye a la formación del estero del mismo nombre antes de verter sus aguas en el Golfo de México.

RIO CAZONES. La cuenca del río Cazonés está localizada entre los meridianos de $96^{\circ} 00'$ y $97^{\circ} 12'$ y entre los paralelos de $20^{\circ} 15'$ y $20^{\circ} 46'$, sus límites son: al norte las cuencas del río Tuxpan y el arroyo González, al sur las divisorias del río Tecolutla y el arroyo Puente de Piedras y al oeste con el parteaguas común con el río Pánuco. Esta corriente desciende desde los 2 750 m.s. n.m. en la Sierra de Hidalgo y su rumbo general es de suroeste a noreste y descarga sus aguas en el Golfo de México.

Los principales afluentes, subafluentes y sub-subafluentes se encuentran incluidos en el cuadro número 4, así como su margen de afluencia.

VARIOS. Entre las cuencas de los ríos Cazonés y Tecolutla existen diversos escurrimientos como el río Tenixtepec que lo originan los arroyos Pochutla, Santa Agueda y Aguacate, y finaliza en el Golfo de México. Otros escurrimientos importantes son: los arroyos Puente de Piedras, Boca de Enmedio y Palo Blanco que vierten sus aguas en el mismo lugar que el anterior.

RIO TECOLUTLA. Se encuentra formado por diversos escurrimientos, formadores, afluentes, subafluentes y sub-subafluentes que se incluyen en el cuadro 5 y que en conjunto drenan una superficie de $7\ 903\ \text{Km}^2$. la cual se localiza entre los $19^{\circ} 30'$ y los $20^{\circ} 28'$ de latitud norte y los $96^{\circ} 59'$ y los $98^{\circ} 26'$ de longitud oeste.

El colector general se inicia con el nombre de arroyo Zapata a una altitud de 3 500 m., fluye hacia el sureste hasta

la confluencia con el arroyo Los Lobos, punto donde cambia de denominación al de río Coyuca el cual se orienta de sureste a noroeste hasta la desembocadura del arroyo Texocuixpan, donde adopta el nombre de río Apulco el cual continuá con el mismo rumbo hasta la confluencia del río Laxaxalpan, desde aquí, aguas abajo se llama río Tecolutla que se dirige al sureste hasta el este de Papantla, Ver., donde se desvia al oriente para finalmente descargar sus volúmenes en el Golfo de México.

ARROYO SOLTEROS. Este escurrimiento se origina en el Estado de Puebla a una altitud de 700 m. al norte del pueblo de Hueytamalco con el nombre de Cucharas y es a partir del arroyo Sotusco por la margen izquierda donde toma la denominación de Solteros, para desembocar en el Golfo de México en el lugar llamado Barra de Riachuelos.

RIO NAUTLA. La cuenca hidrográfica del río Nautla tiene como coordenadas extremas los paralelos de $19^{\circ} 20'$ y de $20^{\circ} 15'$ de latitud norte y los meridianos de $96^{\circ} 45'$ y de $97^{\circ} 20'$ de longitud oeste. Las cuencas limítrofes son al norte la del arroyo Solteros y el Golfo de México, al sur la de los ríos Balsas y La Antigua, al sureste la cuenca del río Misantla y al oeste la del río Tecolutla.

El colector general nace en el Cofre de Perote y se dirige hacia el norte hasta la estación hidrométrica Trinidad y Minas donde se le conoce con el nombre de río Trinidad, el cual sigue la misma orientación hasta el río Tomata, en este lugar modifica de rumbo hacia el noreste hasta la población de Martínez de la Torre en donde toma el nombre de río Nautla con el que continuá hasta su desembocadura en el Golfo de México.

Las principales corrientes que afluyen al colector general así como los subafluentes y sub-subafluentes se incluyen en el cuadro número 6 con sus respectivas margenes de afluencias.

RIO MISANTLA. Este escurrimiento desciende desde el cerro Quemado con altitud de 2 000 m., su curso es de suroeste a noreste hasta su desembocadura en el Golfo de México. Los afluentes principales de este río son el Palcham que afluye por la margen derecha y el arroyo del Pato por la izquierda.

RIO COLIPA. La cuenca del río Colipa se ubica entre las cuencas de los ríos Misantla al norte, el Juchique al sureste y el Actopan al sur. Esta corriente nace con el nombre de Yecuatla a una altura de 1 900 m.s.n.m. próximo al poblado de Chiconquiaco, Ver. cambiando de denominación al pasar por Colipa, Ver. donde toma éste y lo conserva hasta su desembocadura. Poco antes de su desembocadura en el Golfo de México provoca la formación de las lagunas Grande y Chica.

RIO JUCHIQUE. Tiene una cuenca con una superficie de 165 Km². sus límites están representados por los parteaguas de las cuencas de los ríos Colipa al noroeste, al sureste el río Santa Ana y al sur el Papaloapan. Su origen tiene lugar a 2 100 m. de altitud y se orienta al sureste hasta desembocar en el Golfo de México.

VARIOS. Entre los ríos Juchique y Santa Ana existen pequeñas cuencas que descargan en el Golfo de México como el arroyo Llanos de los Muchachos, río Santa Bárbara y la laguna de San Agustín.

RIO SANTA ANA. Se origina con el nombre de Farfán a unos 1 600 m. de altitud y se orienta al noreste hasta el cerro El Cofre

donde cambia de nombre al de Santa Ana, y finalmente desemboca en el Golfo de México.

VARIOS. A partir del río arriba tratado existen cuencas de menor importancia como los ríos Platanar, Barranca Hernández, Pajaritos y Paso Limón y el arroyo Baños Calientes que vierten sus aguas en el Golfo de México. El arroyo Baños Calientes desemboca a través de laguna del Camarón. Existen otras lagunas menores como la de Farallón y Verde.

El río Pajaritos es el más importante de todos los arriba mencionados; su nacimiento se localiza a 500 m.s.n.m., sigue su rumbo hacia el sur hasta el poniente del poblado de Mozamboa donde cambia al Este hasta la desembocadura en el Golfo de México.

RIO ACTOPAN. La cuenca del río Actopan cubre una área de 2 001 Km². se encuentra localizada entre la latitud de 19° 20' y 19° 45' y la longitud de 96° 19' y 97° 09' oeste. Esta cuenca tiene como límite el parteaguas común con los ríos Nautla y Misantla al norte; al noreste el río Pajaritos y al oeste la del río Balsas. Este río se origina en el Cofre de Perote a una altitud de 3 000 m.; su orientación general es de noroeste a sureste pasando por las poblaciones de Naolinco, Trapiche de Rosario, Actopan, Santa Rosa y Zempoala antes de desembocar en el Golfo de México. Inicialmente se le conoce como río Cedeño y al pasar por la población de Actopan adopta este nombre y lo conserva hasta su desembocadura.

Los principales afluentes del río Actopan, así como sus subafluentes y sub-subafluentes aparecen en el cuadro número 7.

RIO LA ANTIGUA. La cuenca hidrográfica del río La Antigua se lo-

caliza entre los 19° 10' y 19° 35' de latitud norte y los 96° 17' y 97° 16' de longitud oeste, con límites al norte la cuenca del río Actopan, al sur con la del río San Francisco, al este el Golfo de México y al oeste la del Balsas. El área drenada cubre una superficie de 2 827 Km². comprendida en su mayor parte dentro del Estado de Veracruz y en menor proporción de la entidad poblana.

El río La Antigua nace en la Sierra Madre Oriental a una altura de 3 350 m.s.n.m. al este del poblado de Agua de la Mina, Pue., escurre con el nombre de río El Resumidero con orientación de noreste a sureste hasta el poblado de San Rafael donde cambia al noreste hasta la confluencia con el río Barranca Grande cambiando al de río Pescados con el cual se conserva hasta la afluencia del río Cozalapa punto en el que cambia de denominación al de río La Antigua. La orientación de su curso es generalmente de oeste a este hasta la desembocadura en el Golfo de México.

Los afluentes principales de esta corriente al mismo tiempo que los subafluentes y sub-subafluentes más significativos están incluidos en el cuadro número 8.

Río Paso de Ovejas. Nace al noroeste de Tlacotepec, Ver. con el nombre de Comapa y fluye al este, cambiando al noreste al mismo tiempo que de denominación al de río Paso de Ovejas, su afluente principal es el río San Juan por su margen derecha.

Los afluentes principales del río La Antigua por su margen izquierda son: los ríos Barranca Grande, Cozalapa y Tlacoyonca.

RIO SAN FRANCISCO. El río San Francisco se origina en el este del poblado de Comapa, Ver. con el nombre de arroyo Paso Canoas, sigue un rumbo de noroeste-sureste hasta el sureste de Tenenexpa,

Ver., donde cambia al noreste hasta finalizar en la laguna de San Julián. Sus afluentes principales son: por su margen derecha el arroyo Zopilote y por la izquierda el arroyo Oriental.

RIO JAMAPA. La cuenca del río Jamapa se encuentra entre las coordenadas de $18^{\circ} 45'$ y $19^{\circ} 13'$ de latitud norte y $96^{\circ} 17'$ y $97^{\circ} 13'$ de longitud oeste, comprendiendo una superficie de $3\,912\text{ Km}^2$. limitada al norte por el parteaguas común con los ríos Paso de Ovejas y La Antigua, al sur y suroeste con la divisoria del río Papaloapan, al este con el Golfo de México y al oeste la cuenca del río Balsas. El colector general se origina a $4\,700\text{ m.s.n.m.}$ en el límite de los Estados de Puebla y Veracruz, allí se le conoce con el nombre de Barranca de Coscomatepec hasta la afluencia del río Paso de Gasparines, a partir del cual recibe el nombre de Jamapa con el cual finaliza en el Golfo de México.

Los diferentes escurrimientos cuyas aguas son descargadas directa o indirectamente en el colector general así como los formadores de éste están incluidos en el cuadro con el número 9.

RIO PAPALOAPAN. La cuenca del río Papaloapan tiene como límites al norte el parteaguas común con el río Jamapa y el Golfo de México, al sureste la cuenca del río Coatzacoalcos, al sur las divisorias de los ríos Tehuantepec y el Atoyac o Verde, y al oeste la cuenca del río Balsas. Esta cuenca está comprendida entre las coordenadas de $17^{\circ} 00'$ y $19^{\circ} 00'$ de latitud norte y $95^{\circ} 00'$ y $97^{\circ} 40'$ de longitud oeste. La superficie de la cuenca es de $46\,517\text{ Km}^2$., cuya extensión forma parte de las entidades de Oaxaca, Puebla y Veracruz.

El colector general se inicia en el Valle de Tehuacán,

próximo al poblado de Xochitlán, Pue. con el nombre de río Salado, el cual sigue un rumbo hacia el sureste hasta el poblado de Quiotepec, Oax. donde cambia de dirección al oriente con el nombre de Quiotepec para con posterioridad denominarse Santo Domingo hasta la población de Benito Juárez y desde aquí hasta la laguna de Alvarado río Papaloapan.

Otros ríos que integran el drenaje de esta cuenca y cuyos escurrimientos finalizan en el colector general aparecen en orden riguroso en el cuadro número 10.

Entre las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos se localizan algunos escurrimientos de escasa importancia que descienden de la zona montañosa de los Tuxtlas por su vertiente noreste y desembocan en el Golfo de México, entre los cuales sobresale el arroyo Sontecomapan y las pequeñas corrientes que forman las lagunas del Ostión y del Marqués.

RIO COATZACOALCOS. El río Coatzacoalcos drena una área de 21 398 Km²., situada entre las coordenadas de 16° 37' y 18° 15' de latitud norte y 93° 42' y 95° 45' de longitud oeste, comprende parte de los Estados de Oaxaca y Veracruz. Los límites de su cuenca son: al norte el Golfo de México, al sur el parteaguas común con los ríos Tehuantepec, de los Perros, Chicapa, Miltepec y Ostutla, al este con la divisoria del río Tonalá, al sureste con el río Grijalva y al oeste con la cuenca del río Papaloapan.

El colector general de esta cuenca se origina en el Estado de Oaxaca, a 2 000 m. de altitud en la Sierra Atravesada, desciende al noroeste desviándose posteriormente al norte después de la afluencia de el río El Corte, hasta la desembocadura del río Jaltepec para seguir al noreste y descargar sus aguas en

el Golfo de México.

En la parte alta de la cuenca del río Coatzacoalcos sus corrientes formadoras y algunos afluentes carecen de denominación por estar en una zona semipoblada, sin embargo los más importantes de éstos así como subafluentes y sub-subafluentes se reúnen en el cuadro número 11.

RIO TONALA. La cuenca del río Tonalá tiene un área de 5 679 Km² localizada entre los paralelos de 17° 15' y 18° 15' de latitud norte y los meridianos de 93° 28' y 94° 17' de longitud oeste. La mayor parte de la cuenca se encuentra comprendida en el Estado de Tabasco sin embargo abarca una gran porción de tierras veracruzanas.

El nacimiento del colector general está en los límites de los Estados de Chiapas, Tabasco y Veracruz a 1 000 m. de altitud de la Sierra Madre de Chiapas donde se le conoce con el nombre de Tancochapa el cual desciende con rumbo sureste-noroeste hasta la afluencia del río Zanapa, lugar donde cambia al nombre de Tonalá y que conserva hasta su desembocadura en el Golfo de México.

Los afluentes, subafluentes y sub-subafluentes del colector principal están incluidos en el cuadro número 12.

A continuación se presentan a manera de cuadro las áreas* de las cuencas hidrográficas que constituyen la región objeto de estudio y los porcentajes de extensión correspondientes a cada una de ellas pueden ser comparados en la gráfica número 1.

* Secretaría de Recursos Hidráulicos.

NOMBRE.	AREA ₂ en Km	% del área de estudio
CUENCA DEL RIO PANUCO. Se incluye la cuenca del Valle de México.....	94 556	46.0922
ZONA NUM. 1. Comprende varios escurri- mientos pequeños con desagüe directo al Golfo de México, entre la cuenca del río Pánuco y el extremo norte de la la- guna de Tamiahua.....	39	00.0175
ZONA NUM. 2. Se localiza en la faja que separa la laguna de Tamiahua y el Golfo de México. Está formada por corrientes menores que vierten sus aguas en el Gol- fo antes mencionado.....	358	00.1745
ISLAS DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA. El Ido- lo, Juana Ramírez, El Toro, Burros y Pájaros.....	83	00.0404
AREA DE EMBALSE DE LA LAGUNA DE TAMIA- HUA.	791	00.3855
ZONA NUM. 3. Constituida por varias co- rrientes como el estero Carbajal que desembocan en la laguna de Tamiahua, en- tre el norte de ésta y el estero de Cu- charas.....	348	00.1696
CUENCA DEL ESTERO DE CUCCHARAS.....	714	00.3480
ZONA NUM. 4. Formada por pequeños escu- rrimientos que van directamente a la la- guna de Tamiahua, entre el estero de Cu		

charas y el río Tancochín	203	00.0989
CUENCA DEL RIO TANCOCHIN.....	610	00.2973
ZONA NUM. 5. Constituída por escurri- mientos menores localizados entre el río Tancochín y el sur de la laguna de Tamiahua.	178	00.867
ZONA NUM. 6. Incluye corrientes de po- ca importancia entre el sur de la la- guna de Tamiahua, y el estero del Co- rral, entre los cuales destacan los esteros de Milpas y San Lorenzo.....	281	00.1369
CUENCA DEL ESTERO DEL CORRAL.....	386	00.1881
ZONA NUM. 7. Se incluyen corrientes de escasa significación como el estero del Angosto así como la laguna de Tampama- choco localizados entre el estero del Corral y el río Tuxpan.....	177	00.0862
CUENCA DEL RIO TUXPAN.....	5 899	02.8755
ZONA NUM. 8 Entre los ríos Tuxpan y Ca zones formada por varias corrientes en tre ellas el río Tecoxtempa, el arroyo Juán González	451	00.2198
CUENCA DEL RIO CAZONES.....	2 688	01.3102
ZONA NUM. 9. Se localiza entre las cuen- cas de los ríos Cazones y Tenixtepec; formada por escaso drenaje en el cual entra el arroyo Puente de Piedra.....	83	00.0404

CUENCA DEL RIO TENIXTEPEC.....	311	00.1516
ZONA NUM. 10. Está formada por escurri- mientos escasos; por ejemplo los arro- yos Palo Blanco y Boca de Enmedio y el estero Boca de Lima. Todos ellos lle- gan con sus aguas al Golfo de México entre los ríos Tenixtepec y el Tecolu- tla.....	219	00.1052
CUENCA DEL RIO TECOLUTLA	7 903	03.8523
ZONA NUM. 11 Constituída por corrien- tes pequeñas entre el río Tecolutla y el arroyo Solteros.....	2	00.0009
CUENCA DEL ARROYO SOLTERO.....	569	00.2773
ZONA NUM. 12. Ubicada entre el arroyo Solteros y el río Nautla.....	13	00.0063
CUENCA DEL RIO NAUTLA	2 785	01.3575
ZONA NUM. 13. Faja costera entre el río Nautla y el río Misantla.....	3	00.0014
CUENCA DEL RIO MISANTLA.....	600	00.2924
ZONA NUM. 14. Está formada por peque- ños escurrimientos localizados entre las cuencas de los ríos Misantla y Co- lipa.....	34	00.0165
CUENCA DEL RIO COLIPA.....	165	00.0804
ZONA NUM. 15. Está ubicada entre los ríos Colipa y Junchique.....	45	00.0219

CUENCA DEL RIO JUNCHIQUE.....	165	00.0804
ZONA NUM. 16. Se encuentra comprendida desde la cuenca del río Junchique hasta el río Santa Ana.....	89	00.0433
CUENCA DEL RIO SANTA ANA.....	179	00.0872
ZONA NUM. 17. Constituida por escurrimientos menores ubicados entre el río Santa Ana y el Barranca Hernández.....	124	00.0604
CUENCA DEL RIO BARRANCA HERNANDEZ....	140	00.0682
ZONA NUM. 18. Está formada por ríos de poca importancia comprendidos entre los ríos Barranca Hernández y la zona 19.....	5	00.0024
ZONA NUM. 19. Son escasos escurrimientos como el río Limón y el arroyo Baños Calientes así como la laguna del Camarón, comprendidos entre la zona 18 y la cuenca del río Pajaritos.....	252	00.1228
CUENCA DEL RIO PAJARITOS.....	226	00.1101
ZONA NUM. 20. Comprende ríos menores que se encuentran entre los ríos <u>Pajaritos</u> y el Actopan.....	42	00.0204
CUENCA DEL RIO ACTOPAN.....	2 001	00.9754
ZONA NUM. 21. Está localizada entre las cuencas de los ríos Actopan y La Antigua.....	19	00.0092

CUENCA DEL RIO LA ANTIGUA	2 827	01.3780
ZONA NUM. 22. Esta ocupada por ríos de poca consideración destacando solamente el río San Francisco, la laguna de San Julián y el puerto de Veracruz.....	692	00.3373
CUENCA DEL RIO JAMAPA.....	3 912	01.9074
ZONA NUM. 23. Comprende varios ríos de menor envergadura que se encuentran entre las cuencas de los ríos Jamapa y Papaloapan.....	62	00.0302
CUENCA DEL RIO PAPALOAPAN.....	46 517	22.6751
ZONA NUM. 24. Este lugar está ocupado por pequeñas corrientes ubicadas entre la cuenca del río Papaloapan y la laguna del Ostión.....	1 475	00.7185
CUENCA DE LA LAGUNA DEL OSTION Y CORRIENTES QUE DESCARGAN EN ELLA..	219	00.1067
ZONA NUM. 25. Este sitio está ocupado por marismas que se encuentran entre la laguna del Ostión y el río Coatzacoalcos	25	00.0121
CUENCA DEL RIO COATZACOALCOS.....	21 091	10.2810
ZONA NUM. 26. Constituída por pequeñas corrientes que desaguan al Golfo de México entre las cuencas de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.	123	00.0599

CUENCA DEL RIO TONALA.....	5 679	02.7682
----------------------------	-------	---------

TOTAL DE LA REGION.....	206 557	100.0000
-------------------------	---------	----------

CLIMA

El clima es un factor primordial en el comportamiento hidrológico y, de los elementos que lo forman, la temperatura y la precipitación, juegan un papel muy importante ya que son los más significativos en su clasificación.

Estos dos elementos climáticos no son uniformes en toda la región, sino que presentan una serie de variaciones como resultado de la orografía del terreno, su situación geográfica y de las condiciones atmosféricas de cada una de las estaciones del año en este lugar.

En seguida se analiza la variación y distribución de estos elementos en el área de estudio.

TEMPERATURA. La región queda comprendida dentro de la zona intertropical en donde la marcha anual de la temperatura presenta dos máximos debido al doble paso del sol por el cenit. Muchas veces el segundo máximo solo queda indicado por el estacionamiento de la temperatura, en el segundo paso del sol por el cenit y no asciende debido a que coincide con la época de lluvias lo cual provoca un descenso de temperatura. En las gráficas 2 y 3 en donde se observa lo antes mencionado, es decir en la gráfica 2 se marcan las dos variaciones, mientras que en la 3 se insinúa. Aprovechando las mismas gráficas como representativas de la región se ve que la estación del año en que se registran las más altas temperaturas es el verano, disminuyendo gradualmente en el otoño para llegar a la más baja en el invierno y posteriormente aumentar poco a poco en la primavera y llegar nuevamente a ser elevadas durante el verano.

En cuanto a la temperatura media anual en la carta de

isotermas (mapa 13) se observa que las temperaturas decrecen hacia el oeste como resultado de la altitud del terreno correspondiente a la Sierra Madre Oriental y la Sierra Volcánica Transversal, en donde el espesor de la capa atmosférica es más reducido y por lo tanto la radiación absorbida es menor, esto se refleja en las nieves perpetuas localizadas en los volcanes del Pico de Orizaba e Ixtaccíhuatl. Las máximas se tienen en los lugares de menor altitud como la Llanura costera del Golfo de México y las mínimas lógicamente en las zonas más altas. De las estaciones utilizadas para el trazo de las isotermas la mínima media anual la registra la estación El Zarco y la máxima media anual la estación Llera.

PRECIPITACION. Es necesario hacer hincapié que la precipitación es un elemento climático de gran importancia para los estudios hidrológicos, porque su variación en el terreno y en duración se hacen notorios en el escurrimiento de los ríos.

Las causas que dan lugar a las precipitaciones en los 206 557 Km² de superficie de la región son diversas:

La orientación de norte a sur - paralela a la costa - del sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, favorece al origen de las lluvias orográficas, cuando actúa como una barra que trata de impedir el paso de los vientos o brisas de mar cálidas y húmedas procedentes del Golfo de México, las cuales se ven obligadas a remontar sus laderas y al hacerlo se van encontrando cada vez más bajas temperaturas que influyen en la condensación de ese vapor de agua y por ende en la formación de nubes que posteriormente se precipitan al efectuarse la coalescencia. Cuando estas masas de aire desprenden su humedad, la dejan caer en forma de lluvia en el lado de barlovento y en sotavento

las precipitaciones resultan más escasas, es decir La Sierra Madre Oriental actúa como una sombra pluviométrica para la Altiplanicie Mexicana, esto puede confirmarse al analizar las isoyetas en el mapa 14.

En cuanto a la variación anual en las mismas gráficas II y III se puede ver como las lluvias que se registran durante el invierno, son de menor importancia si se comparan con las de la estación de verano y otoño.

Las lluvias de invierno son producidas por las masas de aire polar que se internan al país por la parte norte y a las que comunmente se les denomina " nortes ".

En el verano y en el otoño, este lugar es invadido por masas de aire húmedo de los alisios y de ciclones tropicales que se originan durante estas estaciones en el mar Caribe generalmente. Estas perturbaciones atmosféricas como es bien sabido son ocasionadas por centros de bajas presiones propiciados por las altas temperaturas de los océanos a los que fluyen masas de aire húmedo que asciende originando al mismo tiempo una gran cantidad de nubes que dan lugar a fuertes precipitaciones.

Los ciclones tropicales tienen la propiedad de desplazarse casi siempre de este a oeste interponiéndose a su paso la región que nos ocupa, especialmente el norte de Veracruz y sur de Tamaulipas.

No puede dejar de mencionarse la relevancia de los movimientos verticales que sufren las masas de aire que al estar en contacto con el suelo se calientan y ascienden y se enfrían adiabáticamente. Al enfriarse se condensa la humedad que llevan

consigo originando nubes principalmente cumulus, los cuales posteriormente originan tormentas acompañadas de fuertes chubascos y descargas eléctricas. Este tipo de lluvias reciben el nombre de convectivas y se presentan por las tardes o noches del verano principalmente en la Altiplanicie Mexicana.

Al conjugar los elementos antes descritos se llega al conocimiento del clima de la región, para lo cual se adoptó como base la clasificación de Köppen adaptada a las condiciones particulares de la República Mexicana por la geógrafa Enriqueta García Amaro*, que da una versión más precisa de las características climáticas del lugar.

En las cuencas de los ríos que cruzan las tierras Veracruzanas se localiza toda una gama climatológica que va en relación con su temperatura del cálido al frío y del lluvioso al seco en cuanto a su humedad; dicho en otras palabras, tipo de climas de cuatro zonas climáticas: los cálido-húmedos A con temperatura del mes más frío mayor de 18°C , los templado-húmedos C con temperatura del mes más frío oscilantes entre los -3 y los 18°C , los secos B cuyas características de humedad dependen de cada región en especial y los fríos E en los que la temperatura del mes más cálido es menor de 6.5°C .

En el mapa 15 se presenta la distribución de los tipos de clima que comprende la zona y con el propósito de hacerlo más objetivo, se anexan los datos de 154 estaciones empleadas por la autora en los cuadros 13 y 14.

En dicho mapa se observa lo siguiente: Del grupo de los climas cálido-húmedos pertenecientes a la zona A los siguen

* García A. Enriqueta. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen. pp. 38 y 39.

tes subtipos:

Af(m), cálido-húmedo con lluvias todo el año; con porcentaje in vernal menor de 18. Estas características climáticas se presentan en la cuenca alta del río Tonalá, extendiéndose hasta la par te sur del poblado de Ocotepen en la cuenca del río Coatzacoalcos; en el declive este de la Sierra Madre Oriental correspondiente al Estado de Oaxaca y al noreste de la sierra de Zaca-poaxtla.

Aw, tipo de clima que presenta peculiaridades un tanto diferentes al Af, ya que las lluvias se concentran en el verano, de ahí que sea sub-húmedo, sin embargo dentro de él existen tres subtipos que se distinguen por tener grados diferentes de humedad; así:

el Aw₀, es el más seco de todos los cálido-subhúmedos con lluvias en el verano y se presenta en: la llanura costera del Golfo de México correspondiente a la cuenca del río Pánuco; centro de la llanura costera en la cuenca del río Papaloapan y parte central de las cuencas de los ríos Actopan y Jamapa. Rodeando a las partes anteriormente descritas está el Aw₁, cuyo grado de humedad es intermedio. Sus zonas de influencia se localizan en: el centro de Veracruz; oeste de la región de los Tuxtlas; la bajiplanicie de las cuencas de los ríos Cazones, Tecolutla, y parte de la del Tuxpan, y en el límite de los Estados de San Luis Potosí, Querétaro y Guanajuato que se extiende hacia el oeste hasta la ciudad de Cárdenas. Aw₂, es el más húmedo de los cálido-húmedos que rodea al Aw₁ y abarca una zona que se extiende desde la Sierra Volcánica Transversal hasta el norte de la cuenca del río Coatzacoalcos y otra zona muy amplia que se proyecta desde el sureste del cerro La Florida, entre las sierras de la Colmena de Cuchal y Nicolás Pérez, hasta la sierra de Tantima y oeste de

la laguna de Tamiahua.

Am, tipo de clima perteneciente al cálido-húmedo con precipitaciones intensas en el verano, siendo su porcentaje invernal entre el 5 y 10 % del promedio anual. Las áreas donde se localizan sus efectos se concentran en el sureste de las cuencas bajas de los ríos Tonalá, Coatzacoalcos y parte central de la del Papaloapan y laderas de los volcanes tuxtlecos.

Los tipos de climas de la zona BW y BS se presentan al norte de la cuenca del río Pánuco debido al descenso de masas de aire de la circulación general de la atmósfera que absorben la escasa humedad; también se localiza al oeste de la Sierra Madre Oriental en donde la influencia de ésta como pantalla meteorológica es la causa determinante. Del primero (BW) solo existe el Bwhw, que es muy seco o desértico semicálido con lluvias muy escasas durante el verano. Se localiza al nor-noreste de Guanajuato y sur de San Luis Potosí o sea en el lugar de afluencia del río La Cueva en el Santa María.

El BS es el clima seco o estepario del que solamente existen el BS₀ y BS₁. El menos húmedo de todos los esteparios es el BS₀, del que se hallan tres subtipos: BS₀(h'), que es muy cálido con lluvia escasa durante el verano. Este es muy característico en el sur de la sierra de Buenavista y entre las cuencas de los ríos Grande y Zapotitlán.

El estepario BS₀(h')hw, es muy seco y cálido con lluvias escasas en el verano; es muy común en la cuenca del río Santa María, desde el río La Cueva hasta la afluencia del río La La ja.

El clima BS₀hw, es semicálido con invierno fresco y llu

vias en el verano. Las zonas donde existe son: la mayor parte de la cuenca alta del río Santa María, las cuencas de los ríos Santiago, El Muhi y baja del río Tula, cuenca del río Metztlán y este de la sierra de los Angeles.

Por último el clima BS_0kw es muy seco con lluvias en el verano y su influencia se hace sentir en el noreste de la cuenca del río Pánuco casi rodeando al BS_0hw .

Los subtipos BS_1 , seco estepario, son más húmedos que los anteriores y tiene como variantes: el BS_1hw que es semicálido con lluvias en el verano cuyos efectos se hacen notorios en: la cuenca alta del río Verde y las laderas noreste de las sierras de Nochistlán e Ixtlán, norte de la región de Zepoatepec y suroeste de las sierras de Juárez y Zongolica. El clima $BS_1(h')w$ es muy cálido con lluvias en el verano, y predomina en: las laderas del oeste de las sierras de la Colmena y Nicolás Pérez y una gran extensión que comprende las cuencas de los ríos Amajac y Amajaque prolongándose al noreste de la cuenca del río Verde. El seco templado con verano cálido y lluvias durante el verano (BS_1kw) que comprende varias zonas como la que se extiende en una gran área al oeste de la cuenca del río Pánuco, esto es este de Guanajuato, centro de Querétaro, norte de Hidalgo, además entre las Sierras de Zacualtipan y Huauchinango así como las de Pachuca y Zimapán; una pequeña porción localizada al sureste de la sierra de Tecamachalco; Valle de Zacualtipan, Cañón del Tomellín y cuenca baja del río Tonto.

En la zona climática C (templada húmeda) existen diversas subdivisiones hechas en relación al régimen de lluvia:

$C(fm)$, templado húmedo con lluvias todo el año, predomi

nando en el invierno en un 18 % mayor a la media anual. Este clima es común en cuatro zonas: la sierra de Zacualtipan, declive nor este de la intercepción de la Sierra Madre Oriental por la Sierra Volcánica Transversal en los Estados de Puebla y Veracruz, este de la sierra de Huauchinango y este de la Sierra Volcánica Transversal.

C(m)b, templado húmedo con precipitaciones predominantes en el verano el cual es largo y fresco. Se encuentra el este de la sierra de Zongolica, este de la Sierra Madre Oriental desde Orizaba al este de Huayacocotla y al noreste de la sierra de Los Mixes.

C(m)(w), templado con lluvias en el verano, con menos del 5 % de precipitación en el invierno, solo frecuente en la sierra de Los Mixes.

C(w₀), el más seco de todos los templados subhúmedos con lluvias en verano. Se encuentra en la sierra de Ixtlán, sierra de Nochitlán, extremo sureste de la sierra de Zapotitlán, sierra de Zongolica y en una zona muy irregular que se extiende desde el límite de los Estados de Querétaro y Guanajuato hacia el sureste, sur de la ciudad de México y desde la ciudad de Pachuca proyectandose al noreste hasta el cerro Monte Noble y finalizar al oeste de Tula, Hgo.

C(w₁), es templado subhúmedo con lluvias en el verano pero con mayor precipitación que el C(w₀), y se encuentra en dos lugares: uno en la sierra de Puebla y el otro en la sierra de Zongolica.

C(w₂) el menos seco de los templados con lluvias en el verano. Su influencia se extiende a múltiples zonas: desde la sierra

rras de Huauchinango y Zacapoaxtla hasta el Cofre de Perote declive oeste de los volcanes Cofre de Perote y Pico de Orizaba, estrecha faja en el devlive oriental de la sierra de Zongolica, ladera noreste de la sierra de Juárez y norte de la sierra Atravesada, límite noreste de los Estados de Puebla y Tlaxcala, extremo suroeste de la cuenca del río Pánuco en el noreste de las sierras de Monte Bajo y Monte Alto, Las Cruces, Ocotlán y Ajusco, límite noreste de los Estados de San Luis Potosí y Querétaro y pendiente noreste de la sierra de Zacualtipán y las sierras de Zepoantepetl e Ixtlán.

El grupo de climas de la zona E, se presenta con las siguientes:

El muy frío EFH, es común en áreas reducidas de altas altitudes como el Pico de Orizaba, el Iztaccíhuatl y el Popocatepetl.

El ETH se localiza en lugares de menor altitud que la de los lugares antes mencionados, además en el Cofre de Perote.

Los climas semicálidos se dividen en dos tipos:

1) A(C), el más fresco del grupo A con temperatura media anual menor de 22 C que se presenta como A(C) (w_2), el más húmedo de los semicálidos, con lluvias de verano, en el cerro Cuamixco.

2) (A)C semicálido, el más caliente de todos los templados con temperatura media anual mayor de 18 C. se divide en:

(A)C(w_0), el más seco de los semicálidos con lluvias en el verano, se encuentra en: una faja desde la sierra de los Angeles reduciéndose entre las sierras Lagunita, Yerbabuena y Cinco Palos hasta el límite con los Estados de Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí y en el sureste de la sierra Pinal de Amoles.

(A)C(\bar{w}_1), semicálido con lluvias en el verano, con mayor humedad que el anterior. Se localiza en: el oeste de la sierra de la Colmena y en el extremo oeste de la sierra de los Mixes.

(A)C(w_2) el más húmedo de todos los semicálidos, que se encuentra en el noreste de la sierra de Zacualtipan, sierra de la Colmena, noreste de Querétaro y suroeste de San Luis Potosí y sureste de la cuenca del río Coatzacoalcos.

(A)C(m) semicálido con lluvias de mayor intensidad en el verano. Sus características se localizan en una pequeña zona que comprende al poblado de Tantoyuca y una angosta faja orientada de noroeste a sureste en el declive bajo de la sierra de los Mixes.

(A)C(fm)a, semicálido con lluvias todo el año y verano cálido, se ubica en el declive noreste y sureste en la zona de intersección de las sierras Madre Oriental y Volcánica Transversal, sur de la cuenca del río Coatzacoalcos, declive oriental de la Sierra Madre Oriental en los límites de los Estados de Hidalgo y San Luis Potosí, desde Zongolica hasta la sierra de Tuxtepec y la sierra de Tantima.

(A)C(fm)b igual que el anterior pero con verano fresco, sus efectos son comunes en el declive este de la Sierra Oriental en la zona limítrofe de los Estados de Veracruz, con Hidalgo, San Luis Potosí y Puebla.

(A)C(fm)w semejante a los dos anteriores pero con precipitaciones en el verano, se presenta en el noreste de la sierra Atravesada.

REGIMEN HIDROLOGICO

El agua en la Naturaleza se comporta de diferentes maneras obedeciendo principalmente a las condiciones físicas del medio geográfico.

El escurrimiento superficial es una etapa del ciclo hidrológico cuyo conocimiento cuantitativo es proporcionado por la hidrometría, que es una parte de la hidrología y de la cual no puede prescindirse en el estudio de las cuencas fluviales.

En los ríos de la región de estudio existen instaladas una serie de estaciones hidrométricas cuya finalidad es la de obtener información de caudales, cantidad y velocidad del fluido, así como volúmenes de sólidos que transporta y además mediante su análisis se puede ver el régimen hidrológico de la cuenca que se mide. La información por este medio recabada es procesada y utilizada para la planeación de diferentes obras hidráulicas y económicas destinadas al mejor aprovechamiento de este recurso, así como conocer ó predecir las cantidades que se tiene ó se tendrán en un determinado momento.

GENERALIDADES QUE AFECTAN AL REGIMEN HIDROLOGICO. En el capítulo concerniente a la climatología se hizo notar que el escurrimiento superficial está condicionado generalmente por la precipitación, esto es que gran parte del agua que proviene de la atmósfera fluye por los cauces y los volúmenes aumentan a medida que se generalizan las lluvias durante el verano que es la estación de mayor influencia pluviométrica de la región. Sin embargo no toda el agua precipitada permea ó fluye por la superficie, sino que una porción regresa a la atmósfera por evaporación y una más se infiltra en el suelo antes de que empiece el escurrimiento superficial ó una vez iniciado éste pasará a los estratos inferiores de la tie-

rra cuando a su paso encuentre rocas fisuradas, terreno permeable u otras características geológicas que la faciliten.

El río Jamapa, después de 32 km. de recorrido superficial desde su nacimiento, se pierde porque sus aguas se infiltran y después de 6 km. de recorrido subterráneo surge nuevamente para seguir de nuevo superficialmente.

En el noreste de la cuenca del río Pánuco, existen zonas específicas de infiltración natural del agua de lluvia a través de rocas fisuradas ocasionando una dilución de las mismas y al mismo tiempo un escurrimiento criptorreico del cual se tratará en la parte que prosigue.

En algunas ocasiones parte de las aguas superficiales se convierten en corrientes subterráneas, cuando son desviadas de sus cursos normales por el hombre hacia las áreas de recarga con el fin de infiltrarla y aumentar las reservas acuíferas o mejorar las condiciones del subsuelo. En este sentido, existen en el territorio nacional dos zonas importantes, una en la ciudad de Guadalajara y otra en el Valle de México.

La primera queda excluida por estar fuera de la región que aquí se aborda; en relación con la segunda, existen varios lugares como el de los arenales del volcán Xitle, donde los escurrimientos del río Eslava son infiltrados; sin embargo no se tienen datos de esos volúmenes. En el curso del río La Magdalena próximo al Pedregal, existen dos desviaciones con dirección hacia las rocas fracturadas de origen volcánico, estos dos conductos se denominan Canal de Desviación Alta y Canal de Desviación Baja del Pedregal.

Por medio del Canal de Desviación Alta se han infiltra-

do 73.5 millones de metros cúbicos en un promedio de 16 años (1944-1960), excepto 1957, en que no se tomaron lecturas.

Respecto al Canal de Desviación Baja, en un lapso de tiempo de 1943 a 1950 período en que dejó de operar después de haberse infiltrado 34.5 millones de m^3 con una frecuencia de 33 m^3 ./seg.

Las aguas de deshecho de la capital del Estado de Hidalgo son conducidas por un canal hacia el "sumidero" localizado en el aeropuerto de la ciudad de Pachuca en el que se infiltran a través de sus fracturas, y en este caso como en el primero se desconocen los volúmenes que se dirigen al subsuelo.

Aparte de los lugares ya mencionados hay tres pozos de absorción ubicados abajo de la presa Mixcoac, destinados a infiltrar las aguas del mismo río. Por esos pozos con profundidad de 150 m. cada uno, se han podido introducir en el subsuelo 12 millones de m^3 . desde 1956 a 1958, excepto 1957 del que se carece de información.

Es común que parte del agua precipitada y posteriormente infiltrada aflore originando manantiales que forman corrientes superficiales y en muchos casos alimentan a los ríos. Los ejemplos más comunes se localizan en el noroeste de la cuenca del río Pánuco donde se encuentran los de La Media Luna, Anteojitos y otros de menor importancia, también son frecuentes en la Cuenca del Valle de México, en las cuencas altas de los ríos Jamapa, Tecolutla Nautla y Papaloapan en los que las zonas de recargas probablemente se encuentran en las montañas circundantes, donde las lluvias de relieve y la geología del terreno ofrecen condiciones oportunas.

La topografía no solamente modifica las condiciones climáticas, sino que a medida que su pendiente es más brusca el agua se desaloja más rápidamente de la cuenca y por lo tanto ocasiona escurrimientos repentinos y masivos de gran peligro para las zonas aledañas, presentándose cuando las lluvias son muy intensas.

La mayor parte de las cuencas de la región, presentan en su parte alta topografía muy accidentada y por ende el agua de los escurrimientos son violentos, disminuyendo su velocidad a medida que llegan a la Llanura Costera del Golfo de México en la que la pendiente es más suave y por lo tanto el agua se desplaza lentamente.

Cuando estas dos características son muy marcadas en una sola cuenca como la del Papaloapan da lugar a grandes y periódicas inundaciones ya que el agua que desciende no es oportunamente desalojada e invade los terrenos más bajos, sin embargo, el problema está siendo controlado mediante obras de ingeniería como presas reguladoras, bordos, etc.; esto mismo acontece principalmente en la cuenca del río Pánuco.

Los ríos de la parte central de la región, que nacen en la Sierra Volcánica Transversal son de escurrimientos rápidos casi hasta su desembocadura, ocasionados por los desniveles del terreno donde se desplazan.

Por otra parte los ríos Coatzacoalcos y Tonalá cuentan con pendientes suaves en las áreas de sus cuencas, pero la influencia de las precipitaciones que son muy intensas y la lentitud del desplazamiento de sus aguas, han propiciado el cubrimiento por éstas de extensas regiones de topografía reducida.

En las cuencas del Papaloapan y Pánuco, la parte baja

de ellas que corresponde a la Llanura Costera del Golfo de México es de altitudes tan escasas que las corrientes divagan e invaden como ya se mencionó, grandes extensiones que al mismo tiempo sirven al río como reguladoras del fluido.

Debe hacerse notar que las obras de control de avenidas diseñadas y ejecutadas por el hombre, fungen con su cometido en un lapso de tiempo condicionado por el volumen de azolve ó sedimentos transportados por las corrientes y depositados en los embalses reguladores, esto es, cuando los sólidos en suspensión son acumulados, las posibilidades de control de las corrientes voluminosas son cada día menores porque se pierde capacidad de almacenamiento, de ahí la importancia de los datos de azolve proporcionados por las estaciones hidrométricas, los cuales son destinados a planificar los trabajos de esta índole.

Estas obras de ingeniería también influyen en el régimen hidrológico de las corrientes ya que almacenan el agua en ciertos puntos alterando el régimen original aguas abajo de ellas.

Los sedimentos que transportan los ríos son de origen erosivo y se tratan en la parte siguiente.

Es conveniente afirmar que algunas cuencas además de la precipitación se alimentan de la nieve, como el río Pánuco que la recibe de los escurrimientos de los hielos licuados del volcán Iztaccíhuatl en el Valle de México y el Jamapa y el Papaloapan a través del río Blanco del Pico de Orizaba.

REGIMEN HIDROLOGICO. Para conocer el régimen hidrológico de la región que nos ocupa se han incluido todas las estaciones hidrométricas que tienen un período continuo de funcionamiento de diez años o más.

Los volúmenes registrados en cada una de estas estaciones, son representativos exclusivamente de cada una de la cuenca o subcuenca en la que se encuentra instalada, pues los parámetros influyentes son específicos para cada unidad hidrológica, es decir, las variaciones climatológicas, geológicas, topográficas, de forma y superficie son distintas; por otra parte también afectan al régimen hidrológico como a grandes rasgos se describió en párrafos anteriores.

Tomando como base las generalidades que afectan al régimen hidrológico, al analizar las gráficas de los mapas , y , se podrá observar que el comportamiento de los escurrimientos durante el año no son iguales ya que como se ha mencionado existen una serie de factores que los van ha modificar en todo este lapso de tiempo. Sin embargo, es evidente que la mayoría de los volúmenes que fluyen por los cauces provienen como ya se mencionó, de las precipitaciones pluviales que se manifiestan en los caudales poco después de que las lluvias se generalizan, especialmente durante el verano.

En aquellas zonas donde el clima es más húmedo durante los primeros meses del año, se observa un porcentaje importante en los escurrimientos, no así en aquellos en que la sequía casi los nulifica. Esto se puede apreciar en las gráficas de las estaciones hidrométricas del norte de la cuenca del río Pánuco y en la alta del Papaloapan en donde los climas son secos, en contraste con las restantes de toda la región, salvo algunas excepciones.

En aquellos lugares donde las precipitaciones son más ó menos constantes durante todo el año, se presenta una mayor uniformidad en las gráficas de las estaciones que miden sus escurrimientos como Actopan, Angel R. Cabadas, Comalaco y Toma 26.

El comportamiento de las corrientes a lo largo de todo un año, se ve también afectado por los manantiales, los cuales incrementan los volúmenes sobre todo durante el estiaje. Desafortunadamente se cuenta con una información incipiente al respecto pues solo se tiene conocimiento de algunos existentes en la cuenca del río Pánuco que alteran los caudales de sus afluentes, subafluentes y sub-subafluentes, tal es el caso de los ríos Nacimiento, Poza Azul, Mante, Valles, Gallinas, Viejo, Axtla, Choy, Coy y Verde; sin embargo el hecho de que algunos de ellos no se manifiesten en las gráficas se debe a que están afectados por los aprovechamientos que tienen aguas arriba de las estaciones registradoras.

En párrafos anteriores se mencionó la significación de las presas en la variación de los regímenes de los ríos y cuyas características se hacen notorias en las estaciones hidrométricas situadas aguas abajo de las mismas. Las estaciones cuyos registros son afectados por este concepto en las diferentes cuencas de la región de estudio son: (mapa 20).

<u>Cuenca general.</u>	<u>Estación afectada</u>	<u>Nombre de la presa</u>
Río Pánuco.	Puente Amazacintla	Taxhimay
		Requena
		Endó
		Vicente Aguirre
		Centenario
		La Soledad
		López Rayón
		Paso de Tabas
		San Bartolo
	Tansabaca	Ojo Caliente

<u>Cuenca general</u>	<u>Estación Afectada</u>	<u>Nombre de la presa</u>
Río Pánuco (continuación)	Santa Rosa Ahualulco Poza Azul Magiscatzin	Las Lajillas Poza Azul La Aguja Río Frío El Conejo Llera
Río Tuxpan	San Gabriel Alamo	La Mesilla
Río Cazones	Poza Rica	Los Reyes
Río Tecolutla	Colaxtitla	Atexcaco
Río La Antigua	Cardel	La Antigua
Río Jamapa	Paso del Toro	Santa Anita
Río Papaloapan	Axusco Angostura	Chichicaxtla San Agustín Comulco Copalillo C. Grande Los Mangos Jolapa San Fernando Dolores Flores Teotitlán Tilapa San Rafael Ayotla
	La Junta	El Doctor Los Cues San Martín El Carrizo Sin nombre
	Matamba	

<u>Cuenca general</u>	<u>Estación Afectada</u>	<u>Nombre de la presa</u>
		Sin nombre
	Quiotepec	Matamba
	Xiquila	Tepelmeme
	Papaloapan	Miguel Alemán
	Cuatotolapan	Michapan
	Cuichapa	Tuxpango

Merecen mencionarse por separado los registros de las estaciones de Huehuetoca, Tajo de Tequisquiac y Nuevo Túnel de Tequisquiac, ya que los sitios donde se encuentran instaladas presentan un control de sus escurrimientos, sin embargo, reflejan un mayor porcentaje de volúmenes desalojados durante el verano por ser ésta la estación lluviosa que predomina en los climas de la zona; al mismo tiempo debe agregarse que los volúmenes medidos no son representativos de los escurrimientos del Valle de México ya que por estos medios también son descargadas las del río Lerma que se aprovechan en la ciudad de México.

Para un mejor conocimiento de los volúmenes en metros cúbicos correspondientes a los porcentajes de las gráficas de las estaciones hidrológicas de los mapas 16, 17 y 18 de los regímenes de escurrimientos debe consultarse el cuadro número 15.

ALGUNOS ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS.

El agua de escurrimiento, es uno de los agentes más significativos que han intervenido en el modelado de la región, actuando sobre las diversas formas iniciales de carácter estructural como las montañas, mesetas, llanuras, etc. cambiando gradualmente a través del tiempo sus características primigenias. Estos

cambios se producen cuando el agua comienza a trabajar en ellas como agente erosivo, es decir modifica la creación de otros agentes morfológicos desgastando, transportando y depositando las diversas cantidades de materiales removidos a distancias diferentes.

El efecto erosivo del agua es muy cambiante, por estar sujeto a parámetros como el clima, la vegetación, la naturaleza geológica del terreno y la acción antrópica.

Las lluvias pueden dar lugar a grandes cambios morfológicos en las estructuras preestablecidas, así como por ejemplo los aguaceros o chubascos de inestabilidad frecuentes durante el verano en el área de estudio, son capaces de originar en escaso tiempo pequeños canales que poco a poco aumentan sus dimensiones. Es posible, si no se toman las medidas pertinentes en la detención de este proceso, los canales se conviertan en verdaderas cárcavas y transformen estos lugares en tierras malas.

Problemas de esta naturaleza son muy comunes en las cuencas que se analizan en este trabajo, de las que sobresalen la de Papaloapan, en la que su afluente el río Salado proporciona más del 60 % de los azolves que llegan al colector principal. Otros escurrimientos localizados en ésta y otras cuencas en cuyas estaciones hidrométricas se hacen muestreos de sólidos, aparecen en el cuadro 16 en el que se puede observar que los mayores volúmenes de sedimentos coinciden con los caudales más significativos y por ende con la estación lluviosa.

La erosión de los suelos se efectúa en los terrenos desprovistos de vegetación y su detención puede llevarse a cabo mediante la aplicación de buenas técnicas de conservación.

Dadas las características físicas tan heterogéneas del terreno de la extensión que aquí se estima, el avenamiento se presenta en diferentes modalidades, como se puede apreciar en el mapa 19, siendo las más importantes:

- a) dentrítico,
- b) paralelo,
- c) centrípeto
- d) radial y
- e) anárquico.

El más significativo de la enumeración anterior es el dentrítico, debido a que ocupa la mayor área de la región, estando presente en casi todas las cuencas, excepto la de los ríos Jamapa, La Antigua, Actopan y Pajaritos. Este diseño se caracteriza porque los ríos tributarios se presentan en ramificaciones carentes de un orden específico, es decir, se unen entre sí formando ángulos que en la mayoría de los casos son inferiores a los 90 grados.

El avenamiento paralelo se presenta en el centro de la región, donde existen las pendientes más fuertes de la Sierra Volcánica Transversal que llegan hasta la costa y que influyen en el desplazamiento equidistante de las líneas de escurrimiento. Las cuencas que ocupan esta zona pertenecen a los ríos Jamapa, Actopan, Pajaritos, San Francisco y San Juan. En la cuenca del río Paloapan los afluentes Blanco, Moreno, Tlalixcoyan, Cocoyucan, Hondo y Amapa cuentan con este diseño. También lo incluyen en las cabeceras de los ríos Nautla y Tecolutla.

El diseño centrípeto está constituido por escurrimientos que concurren a una depresión como los que se localizan en la

región volcánica de los Tuxtlas que alimentan el lago de Catemaco, las que descienden de las formaciones montañosas que circundan el Valle de México y que antiguamente formaron una cuenca lacustre cerrada y en otros lugares no muy bien definidos como el extremo norte de la cuenca del río Pánuco formado por sus afluentes los ríos Comandante, Frío, Sabinos, San Isidro, etc., que sin confluir en el mismo lugar en el río principal si descienden de las sierras de Cucharas y Chamal a la depresión situada entre ambas.

A la inversa del anterior, en el avenamiento radial, los escurrimientos al descender divergen desde un punto de mayor altura, es decir, el drenaje esta sujeto a las características estructurales de formas cónicas ó ligeramente alargadas como las que fluyen de las formaciones volcánicas de San Andrés Tuxtla, los que nacen en la sierra de Tantima y en la cuenca del río Pánuco, los que descienden del cerro Jocotitlán y de la sierra de Buenavista.

El avenamiento anárquico predomina en las zonas casi planas de acumulación y de climas muy húmedos cuyos cursos irregulares, no muy bien definidos e inestables, forman lugares pantanosos. Estas características son muy frecuentes en las cuencas bajas de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos, Jamapa, Pánuco y Tonala en las que cubren las áreas más significativas; otras de menor importancia se encuentran en las de Tuxpan, Tecolutla, Cazonnes, Nautla y demás corrientes menores.

La textura general de los avenamientos de la región está estrechamente relacionada con el clima, siendo más denso hacia el sur y en la llanura costera donde las lluvias son más frecuentes, en tanto que en el norte y noroeste de la misma se presenta

más espaciado o abierto.

El paisaje kárstico se debe a la acción modeladora del agua, que al contacto con las rocas calizas las disuelve gradualmente sobre todo si las primeras contienen un alto grado de ácido carbónico el cual puede proceder de la atmósfera o de plantas en descomposición según Georges Viers,* el que al mismo tiempo afirma que el carbonato de calcio y las rocas sedimentarias citadas, se combinan entre sí para formar un bicarbonato soluble y muy inestable que al desprenderse provoca precipitación de materiales disueltos dando lugar a formas caprichosas como las estalactitas y estalagmitas.

El agua que modela estas formas procede de la atmósfera y de los escurrimientos aledaños que se introducen entre las diaclasas formando por disolución grutas y ríos subterráneos que posteriormente afloran como fuentes vaclisianas.

Las zonas a las que anteriormente se hacía referencia como ya se dijo tienen drenaje subterráneo y se localizan dentro de la cuenca del río Pánuco como puede apreciarse en la cartas 5, 4 y 19 correspondientes a los diseños de avenamiento. Estas cu
bren áreas considerables:

La zona de Xilitla es quizá la más relevante: se localiza al sureste de San Luis Potosí y al noreste de Querétaro; está constituida por un sin número de estas formas con características muy diversas: las hay someras y otras muy profundas como el Sótano de Tlamaya con 454 m., el Sótano de las Golondrinas con 398 m. y el Sótano de Hitzmolotitla con 245 m. que los hacen ocu-

* Viers Georges, Geomorfología. Cap. 11. pp 185 y 186.

par un lugar preponderante dentro del marco latinoamericano.
Otras grutas de magnitudes desconocidas son:

1 Del Aire.	9 El Globo
2 de la Mujer de Agua.	10 del Herreo
3 La puerta	11 El Otate
4 Las Guayas	12 La Ventana
5 El Salitre	13 del Patio
6 Chalcoayo	14 Los Chuchos
7 Tanchilín	15 La Laja
8 Peña del Padre	16 El Toro

y muchas más carentes de nominación.

En esta zona también se localizan diversas fuentes vaclusianas que alimentan a varias corrientes formadoras del río Huichihuayán afluente del Axtla.

Nombre de la fuente	Corriente alimentada
Xumo-Conco ó Huxum-Ha	La Mujer de Agua
Kitifá	Agua del Arenal
La Esperanza	
La Laja	

Otras de las zonas con este tipo de modelado se localizan en el Estado de Tamaulipas pero dentro de la misma cuenca; con varias formaciones de las cuales sobresale El Sótano de la Joya de Salas con una profundidad de 272 m., de las demás se carece por completo de información. Existe, dentro de la misma cuenca otra zona de grandes proporciones ubicada en la parte central del Estado de San Luis Potosí próxima a otras dos pequeñas

áreas de las que no se tiene información.

Con respecto a las cuencas altas, al describir el drenaje de cada una de ellas se pudo constatar que la mayoría de las corrientes tiene su origen a alturas considerables donde algunas de ellas han labrado profundos cañones como puede apreciarse en la proximidad de las curvas de nivel del mapa , en el que también se puede advertir que en algunos de ellos están dentro de su perfil de equilibrio local.

Todos los ríos de la región de estudio que desembocan en el Golfo de México, han podido alcanzar su perfil de equilibrio en la llanura costera. El río Pánuco que al mismo tiempo que lo ha logrado en la zona citada, también podría decirse que lo ha alcanzado en la Altiplanicie Mexicana (Gráfica 2).

Merece atención especial el perfil del río Tecolutla (Gráfica 10), ya que su curva se presenta en forma convexa lo cual es explicado por el estado de la evolución de su curso.

En general los ríos que transversalmente cruzan el Estado de Veracruz presentan en sus perfiles diversos puntos de inflexión, esto es, lugares de cambios de pendientes como puede apreciarse en las gráficas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13, los cuales van cediendo a la acción erosiva de los ríos al profundizar sus cauces, al mismo tiempo que epirogénicamente se levanta la Llanura Costera del Golfo de México que es el perfil de equilibrio local de la mayoría de estos escurrimientos.

Es lógico suponer y de hecho se observa en las gráficas citadas que estos ríos no han llegado a un estado de equilibrio en su totalidad debido a la gran diferencia de altura entre los

puntos que constituyen el perfil ya que las pendientes aguas arriba son aún muy fuertes ocasionando una erosión regresiva, lo que da como resultado la existencia de rápidos y cuando la corriente encuentra estratos de gran dureza pueden formarse cascadas. Las cascadas son rupturas de pendientes que no necesariamente tienen su origen en lo ya expuesto, sino que también puede ser posible que se deban a modificaciones del perfil resultante de movimientos tectónicos*. Existen diversas cascadas formadas por los escurrimientos que descienden tanto de la Sierra Madre Oriental como de la Sierra Volcánica Transversal, algunas de ellas han sido aprovechadas para la generación de electricidad como:

- 1) Las dos de Necaxa en el río del mismo nombre,
- 2) Los Micos en el río Valles,
- 3) Texolo en el río de su nombre,
- 4) Tuxpango en el río Tilapan,
- 5) El Salto en el río de igual denominación,

Algunas otras como:

- 6) Eyipantla en el río San Andrés,
- 7) La Gloria en el río Apulco,
- 8) Trinidad en el río Cazonas,
- 9) Rincón Grande en el río Tilapan,
- 10) Coaxtla en el río Atoyac y
- 11) Tancoco en el río Tancochín

no han sido aprovechadas por el momento.

En relación con las cuencas bajas, es curioso ver como algunos ríos describen serpenteamientos de sus cauces sobre todo en aquellos lugares en donde aparentemente no existe causa algu-

* Derruau M., Geomorfología, Cap. V. pp. 93 y 94.

na; a varias de estas ondulaciones se les denomina meandros a los que Derruau* define como " un trazado que se aparta de su dirección de escorrentía para volver a ella después de describir una pronunciada curvatura".

Por lo anteriormente expresado debe entenderse que no, cualesquiera aspecto tortuoso de un río debe llamarse así, sino solamente a los que se comportan de la manera arriba definida.

Las más sobresalientes de estas formaciones en los ríos de interés se localizan a alturas menores de los doscientos metros sobre el nivel del mar y por encontrarse en depósitos acarreados por las mismas corrientes, puede decirse que corresponden al tipo de meandros de llanura aluvial.

Los meandros localizados principalmente en la llanura costera de las cuencas de los ríos Papaloapan, Pánuco, Tuxpan, Cazones, Nautla y Coatzacoalcos coinciden con aquellos tramos en que sus corrientes son plácidas, sin embargo estas formaciones al igual que otras sinuosidades tienden a exagerarse socavando la margen cóncava al mismo tiempo que en la convexa se depositan los materiales desgastados.

Los meandros al ir evolucionando pueden estrangularse ya sea durante el desbordamiento, al umentar el caudal del río, lo cual es común en estas cuencas ó cuando la exageración llega a tal grado que los extremos más próximos terminan por unirse.

Es posible que cualesquiera de estas causas hayan influido en los ríos citados para justificar la existencia de algunos ox-bow* o meandros abandonados en sus márgenes.

* Derruau M. Geomorfología. Caps. V. pp. 101 y Cap. VI pp.99

Con respecto a la morfología del litoral, el agente más interesante en la formación de las lagunas costeras es el agua, que actúa de distintas maneras: como oleaje en el mar, las corrientes litorales y los escurrimientos continentales.

Estas tres formas de comportamiento del agua actúan si multáneamente en la formación de las albúferas o lagunas litorales de la manera siguiente: las corrientes litorales transportan los materiales de otros lugares mientras que por la acción de las olas esos acarreos se van acumulando en el lecho marino próximo a la costa; por otra parte esos depósitos se ven incrementados por los sedimentos que los escurrimientos continentales depositan, los cuales son el producto de su poder erosivo en las partes altas de las cuencas transportados hasta el mar en suspensión.

A medida que el tiempo transcurre esas acumulaciones se hacen cada vez más voluminosas hasta emerger en el mar y formar un cordón litoral de gran inestabilidad ya que continuamente aparecerá y desaparecerá debido indirectamente a las perturbaciones atmosféricas (frentes, tormentas, etc.) que provocan un aumento en el nivel del mar y cubre su escasa superficie. Esa inestabilidad del cordón litoral perdurará hasta que se establezca la vegetación espontánea que se puede considerar como otro agente formador, que dará mayor firmeza al terreno y de esta manera la faja o lengua dividirá permanentemente las aguas del mar y las de la laguna.

Es importante aclarar que, cuando este tipo de lagunas litorales se presentan en las llanuras costeras de levantamiento como la del Golfo de México, también intervienen las fuerzas que ocasionan estos lentos movimientos de ascenso del fondo del mar.

R. Cruz* cree que también es posible que los seres vivos como los corales coadyuven al origen de estas formaciones al fungir como basamento a la constitución de las barreras.

Una vez que se ha constituido la laguna, sobre ella se guirán actuando una serie de factores:

- a) los aportes fluviales ó corrientes alimentadoras,
- b) el aluviamiento ó sedimentación,
- c) la evaporación,
- d) el transporte litoral ó corrientes marinas,
- e) las mareas u oscilaciones de los niveles del agua y
- f) las tempestades y frentes ó perturbaciones atmosféricas,

a las cuales quedará sujeta la vida de la misma, en otras palabras, la modificación de algunos de estos factores puede motivar su desaparición.

El más importante de todos los factores mencionados es la depositación de materiales aportados por los escurrimientos continentales a la laguna. Esta sedimentación reduce gradualmente la profundidad de las albúferas o lagunas litorales hasta aflorar en la superficie en forma de islas pantanosas que poco a poco crecen hasta hacer desaparecer el cuerpo de agua.

Las lagunas litorales constan de los siguientes elementos:

- a) vaso ó embalse
- b) escurrimientos aportadores,
- c) cordón litoral y
- d) accesos ó bocas.

* Cruz, R. Lagunas Costeras Síntesis de los Reconocimientos sobre la Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Ver. pp. 41.

En la región de estudio existen un sinnúmero de este tipo de lagunas localizadas en su mayor parte en las cuencas de los ríos Pánuco y Papaloapan, caracterizándose por tener un fondo somero y pendiente suave.

La laguna de Tamiahua es la más importante por las dimensiones de su embalse que la colocan a su vez como una de las más significativas del territorio nacional. Cubre una extensión de 874 Km²., de los cuales 791 Km². corresponden a la superficie acuosa y 83 Km². son de las islas de: El Idolo, Juana Ramírez, El Toro, Burros, Pájaros, Frijoles, Mata Caballos, del Frontón y otras de menor importancia, todas ellas distribuidas en forma irregular.

Las aguas de la laguna y el Golfo de México están separadas por una barrera ó cordón litoral que se extiende desde la desembocadura del río Pánuco con una orientación de noroeste a suroeste hasta el Cabo Rojo a partir del cual cambia de noroeste a suroeste hasta tocar tierra firme.

La barrera es arenosa generalmente con dunas inestables y de mayores dimensiones en el norte pero más estables y más reducidas en el sur.

La laguna de Tamiahua es de fondo somero con sedimentos limo-arcillosos, depósitos de rocas ígneas acarreados por las corrientes continentales y que al mismo tiempo forman pequeños deltas, también se encuentran arenas transportadas por el viento.

R. Cruz* no deshecha, como ya se dijo, la posibilidad de que en la formación de la barrera arenosa pudieran haber in-

* Cruz R. Lagunas Costeras Síntesis de los Reconocimientos sobre la Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Ver. pp.41.

fluído las colonias de corales en la acumulación inicial de materiales, lo mismo para justificar la presencia de otros arrecifes en el interior del embalse, dunas antiguas y reductos de antiguos meandros en las islas que supone sean vestigios de una barrera arenosa.

Otras albúferas importantes son: Pueblo Viejo, El Chai-rel, Tamós, Tortugas, Altamira y La Culebra en el río Pánuco y Alvarado, Camaronera, Tlalixcoya, San Bartolo y Espinal en el río Papaloapan. Otras lagunas de este tipo que se localizan en las de de más cuencas:

- a) Tuxpan: la de Tampamachoco
- b) Colipa: las lagunas Grande y Chica
- c) Higueras: las albúferas de Santa Ana y San Agustín
- d) Baños Calientes: la del Camarón
- e) San Francisco: la de San Julián
- f) Jamapa: la de Mandinga Grande
- g) Tonalá: la del Rosario

En cuanto a lagos interiores existen Catemaco, Texcoco, Xochimilco, Tlahuac, Mixquic, Apan, Tecocomulco y Zumpango, que son de origen estructural y representan una gran importancia hidrográfica.

CAPITULO II

APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDROLOGICOS

Generalidades. Agua Potable. Riego. Piscicultura. Industria.
Energía hidroeléctrica. Navegación. Turismo.

GENERALIDADES

El agua es uno de los recursos más valiosos con que todo ser vivo cuenta en el medio en que habita. Algunas veces puede apreciarse que cuando los recursos hidrológicos son escasos la existencia y las actividades del hombre se ven tan limitadas que emigra hacia donde pueda obtenerlos con mayor facilidad.

Son muy diversos los usos que el hombre ha dado a los recursos hidrológicos, pero quizá uno de los más importantes es el agua potable porque aparte de obtener lo suficiente para su subsistencia al ingerirla, también la aprovecha para el aseo personal y la preparación de alimentos, muchos de los cuales vienen del campo, en donde con frecuencia el agricultor tiene que proporcionar al suelo la humedad necesaria para que las plantas produzcan más de ellos; pero también provienen de los cuerpos de agua donde los peces se han tenido que cultivar para poder satisfacer y al mismo tiempo mejorar su dieta alimenticia; más no todos los alimentos pueden consumirse directamente, sino que algunos de ellos requieren de cierto procesamiento para lo cual son llevados a los centros industriales en los cuales se emplea el agua para la transformación de éstos y otro tipo de productos

destinados a proporcionar comodidades. Muchas de estas fábricas tienen que ser abastecidas de energía eléctrica, la cual es tomada indirectamente del agua a través de las plantas hidroeléctricas. Cuando se tiene materias primas o productos ya elaborados, es necesario que se lleven a aquellos lugares donde se requieran, sin que sus costos se eleven notoriamente para lo cual se puede usar el transporte fluvial. Por otra parte, después de una larga jornada de labores, se hace necesario un agradable descanso en donde la presencia del agua puede coadyuvar a este objetivo.

AGUA POTABLE

Es muy conocido por todos la necesidad que para el hombre como ser vivo ha tenido, tiene y tendrá de poder satisfacer adecuadamente su aprovisionamiento de agua.

Nuestros ancestros buscaron las corrientes de los ríos para abastecerse del vital líquido que en un principio fué exclusivamente para beber, pero al ir evolucionando se han descubierto nuevos usos.

Cuando el ser humano se establece, lo hace en aquellos sitios en que no solamente se pudiera pescar ó cazar sino en los que el agua fuera abundante y apropiada para satisfacer sus necesidades domésticas; si por casualidad éstas fueran insuficientes o no reunieran la calidad exigida, los pueblos emigraban hacia aquellos lugares en que se pudiera encontrar.

Bernard Frank*, en su artículo " Nuestra Necesidad de

* Bernard Frank. Agua. pp. 1.2.

Agua", relata como hace 50 000 años en Mohan-Jo-Daro ya contaban con suministros de agua para la población, la que disfrutaba para beber, preparación de alimentos, limpieza en el hogar, aseo personal, etc. Otros pueblos como los babilónicos, los griegos, los chinos, los romanos y los egipcios también hicieron lo propio. Los egipcios construyeron una presa hace 5 000 años, siendo la más antigua de que se tenga memoria y cuyos fines eran el abastecimiento de agua para la población, riego y posiblemente el de control de avenidas. Por otra parte el rey Salomón hace casi 3 000 años ordenó y dirigió la construcción de notables obras hidráulicas que proveían de agua a la población que gobernaba. En América, durante la colonia los virreyes hicieron construir importantes acueductos de los que en la época actual sólo quedan vestigios.

Hoy en día el agua potable debe reunir estrictas condiciones de pureza, de ahí que la Secretaría de Salubridad y Asistencia la considere como aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud, para lo cual deberá reunir una serie de requisitos físicos, químicos y bacteriológicos.

Todas las normas requeridas resultan mucho más exigentes que las de antaño, debido a que día con día el agua se expone más al peligro de la contaminación que posteriormente redundará en la salud de los habitantes causando diversas enfermedades de las que sobresalen las entéricas.

Una de las principales misiones del Estado hoy en día es la de velar por la salud de la comunidad; y una de estas manifestaciones son las campañas masivas de vacunación para impedir la propagación de enfermedades, gastándose fuertes sumas de dinero. En algunos casos las enfermedades son erradicadas pero

en otros muchos éstas persisten porque las condiciones higiénicas son inapropiadas, lo cual casi siempre coincide con aquellas localidades que carecen del servicio de agua potable. Por lo anterior puede decirse que si no se cuenta con este servicio estas campañas serán un fracaso; en otras palabras, el suministro de agua potable puede, en muchos casos, fungir eficazmente como medicina preventiva siempre que ésta esté acompañada de una bien organizada campaña de salud pública ya que es muy frecuente que los núcleos de bajo nivel cultural abandonen las instalaciones - si cuentan con ellas - ó no se preocupen por adquirirlas a través de las autoridades y prefieren seguir obteniendo el líquido directamente de los pozos, arroyos o manantiales sin costo alguno, por no tener conocimiento de todos los problemas que pueden ser ocasionados o en su caso porque no han pensado que resulta más económico el pago del servicio que el valor representativo de los medicamentos y los honorarios del médico.

El abastecimiento de agua de la región estudiada parte principalmente de:

- a) pozos profundos,
- b) corrientes superficiales y
- c) manantiales

El agua de estas fuentes no se encuentra totalmente pura, para oxidar la materia orgánica que pueda contener es factible una desinfección agregándole cantidades pequeñas de clorina para eliminar las bacterias. El agua en estos casos debe ser incolora e inodora; el sabor que muchas veces tiene según Jarry L. Garver* se debe a las sales minerales y otras sustancias que con

* Gaver L. J. Agua. Los suministros de agua para las casas de provincia. pp. 718, 719, 720.

tiene y que cuando llegan a ser perjudiciales por su cantidad se le considera agua contaminada. Este mismo autor recomienda usar el agua potable cuando su dureza es menor de 50 ppm. Tampoco es muy recomendable usarla muy suave por su alto poder corrosivo, el pH ideal es de 7 esto es neutral.

El consumo de agua para uso doméstico de las corrientes superficiales y manantiales de la región, de acuerdo con los volúmenes proporcionados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos se calcula aproximadamente en 33 474 452 310 m³. según los datos que la Dirección General de Uso del Agua y Prevención de la Contaminación ha proporcionado.

Al desglosar la información antes citada, los volúmenes extraídos de las diferentes cuencas son de las siguientes magnitudes aproximadamente.

Cuenca de los ríos	Volúmenes en m ³	% de la región
Actopan	32 737 800	.10317
Cazones	8 318 400	.03432
Coatzacoalcos	262 800	.00102
Colipa	126 100	.00032
Jamapa	23 356 800	.10116
Juchique	47 300	.00014
La Antigua	226 777 300	1.03001
Misantla	3 153 600	.01015
Nautla	56 655 500	.21030
Pánuco	24 540 136 610	71.43%
Papaloapan	8 355 348 200	25.42100
Santa Ana	31 500	.00010

Cuenca de los ríos	Volúmenes en m ³	% de la región
Tecolutla	28 274 500	.10203
Tuxpan	19 136 600	.07300
Tonalá	89 300	.00030

Observando los volúmenes anteriores, puede apreciarse que el más alto porcentaje de consumo autorizado se localiza en la cuenca del río Pánuco lo cual resulta lógico dado que en ella se ubica la mayor concentración de la población usuaria; es seguida por la del Papaloapan en la que últimamente se ha dotado de este servicio a varios núcleos de población y en tercer término la del río La Antigua.

En el mapa se puede ver los diferentes lugares que han sido dotados de agua potable cuyas fuentes son las corrientes superficiales y los manantiales exclusivamente.

Desafortunadamente se carece de la información de los aprovechamientos con este fin, obtenidos del subsuelo con la cual pudiera hacerse comparaciones al respecto y comprobar cuan verídicas son las versiones de los técnicos de la Dirección de Agua Potable del Ministerio de Recursos Hidráulicos cuando afirman que la mayor parte del agua es extraída de los pozos porque resulta más reducido el costo de potabilización; y al mismo tiempo darse cuenta del porcentaje de la población que cuenta con este servicio tomando en cuenta las diferentes fuentes.

Es importante hacer notar, que es muy posible que no toda el agua utilizada en el hogar extraída de las anteriores fuentes de abastecimiento reúnan las condiciones establecidas por la Secretaría de Salubridad y Asistencia para considerarse como pota-

ble , esto viene al caso porque al revisar la información aparecen volúmenes tan pequeños que resultaría incosteable la instalación de una planta potabilizadora.

RIEGO

Las plantas como los animales están constituidas por cierta cantidad de agua, pues como se sabe, su estructura misma está formada por células en las que en el protoplasma este líquido es el más común y el que conjuntamente con otras sustancias son indispensables para la vida. El agua y las demás sustancias disueltas en la primera llegan al protoplasma a través de la membrana que lo contiene mediante un proceso osmótico.

La mayor parte de las plantas sobre la superficie de la tierra toman el agua de ella por medio de sus raíces, las cuales varían en extensión y forma según sea el tipo de planta y la existencia del recurso.

El movimiento del agua se lleva a cabo por medio de conductos alargados que forman una verdadera red en el interior de la planta, inclusive dentro de la raíz, que como ya se expuso es por donde la absorbe junto con las demás sustancias nutritivas.

El agua que absorben las plantas es el resultado de la percolación del líquido proveniente de la atmósfera y por lo tan tó cuando la estación lluviosa es corta, es necesario que el hom bre agregue determinada humedad al suelo de sus cultivos ya en caso contrario las plantas se exponen al peligro de perecer,

de ahí la necesidad del riego.

La finalidad primordial del riego consiste principalmente en contrarestar la estación de estiaje e impedir que las plantas mueran al quedar privadas del vital líquido.

La necesidad de agua útil para las plantas se inicia durante el proceso de germinación de las semillas, lo cual ayuda a que éstas crezcan normalmente y posteriormente florezcan y produzcan su fruto con el suficiente rendimiento en calidad y cantidad, lo cual es el principal interés del agricultor.

La distribución regular del agua por medio del riego, cuando las plantas lo requieran, esto es, en su período de crecimiento, el cual coincide por lo general con la disminución de las lluvias de verano, contribuye a obtener mejores cosechas, pues a pesar de que el suelo ha quedado húmedo, el agua retenida no es suficiente para cubrir la demanda durante la época subsiguiente, máxime si ésta es prolongada, pues resulta obvio que gran parte de ella no es aprovechada por las plantas y esto está relacionado con las características físicas del suelo que permite la infiltración y retención así como con las condiciones climatológicas pues gran parte de ella se pierde por evaporación del suelo ocasionada por las altas temperaturas del mismo y del viento seco que rosa su superficie.

Los sistemas de riego están ligados a la civilización misma, sobre todo aquellos pueblos que tuvieron que recurrir a él obligados por las condiciones climatológicas; este es el caso del Valle del Indo, donde específicamente en Mohan-Jo-Daro hace cincuenta milenios* ya utilizaban canales de riego. 1

* Frank B. Agua. La Historia del Agua como la Historia del Hombre. pp. 1, 2.

pueblos de Babilonia, Asiria, Grecia, Roma, China y Egipto hicieron lo suyo, pero lo más sorprendente es la labor de los egipcios que como ya se dijo construyeron la presa de almacenamiento de mayor antigüedad, cuyas aguas eran destinadas inclusive para el riego.

Es indiscutible que las características climatológicas siguen siendo definitivas hoy en día para los habitantes dedicados a las actividades del agro dentro de la región, así como las personas encargadas de planear los sistemas de riego pues necesariamente hay que considerarlas para obtener un mejor rendimiento de las cosechas destinadas a la alimentación directa o indirecta de la cada vez más creciente población no solamente de la región que comprende este estudio sino la nación y el mundo entero, ya que la comercialización de los productos no está restringida exclusivamente a la primera, pues es bien sabido que desde la antigüedad en otras partes del planeta el riego ha sido la base del comercio, ya que al obtener mejores cultivos los excedentes se intercambiaron con los habitantes más próximos o se llevaron a los centros de población.

Debe tenerse muy en cuenta que la aplicación del riego por si solo no necesariamente debe reflejarse en un mejor rendimiento en la producción del campo si no se preparan adecuadamente los suelos de las parcelas, por lo que puede decirse con mayor afirmación que el primero sólo es uno de los factores influyentes.

En la región de estudio como en el territorio nacional existen sistemas comunales de riego, los cuales son admin's

dos por el Estado; en la extensión analizada hacen un total de 17 en los que se utiliza un total de 861 443 300 m³. de agua que proporciona humedad a 150 621 ha. destinadas a cultivos diversos según la información de la Dirección General de Distritos de Riego de la Secretaría de Recursos Hidráulicos y que aparece en el cuadro 17 que puede compararse con la gráfica 19. Por otra parte, la Dirección General de Uso del Agua y Prevención de la Contaminación del mismo ministerio, hace saber que los usuarios de derecho tienen autorizados en las diferentes cuencas que aquí se abordan un promedio de 47 982 803 110 m³., esto es, que son susceptibles de variación sin que se sepa con exactitud cuales fueron realmente los volúmenes consumidos en la pequeña irrigación.

Para mayor información al respecto consúltese el cuadro y la correspondiente gráfica en donde se observa que los mayores volúmenes extraídos corresponden al río Pánuco, seguido por el Papaloapan, Actopan y La Antigua principalmente.

Los lugares que cuentan con riego así como los distritos antes mencionados pueden localizarse en los mapas 20 y 21 de acuerdo con los enlistados que se adjuntan.

PISCICULTURA

Tres han sido las actividades primarias que el hombre desde la antigüedad hasta nuestros días ha practicado, la recolección, la Caza y la Pesca, de las cuales las dos primeras han crecido notoriamente mientras que la última se incrementa notablemente en algunos pueblos.

En nuestro país la pesca no ha adelantado lo suficiente

pues con algunas excepciones todavfa se practica utilizando algunos implementos muy atrasados y de tradición en los lugares cercanos a los litorales, estuarios y en lagunas costeras; a pesar de lo urgente que es para nuestro pueblo la modificación de su dieta alimenticia, del aumento ocupacional y del ingreso y del desarrollo de un mercado nacional e internacional.

Respecto al primero de los casos, es necesario decir que para nuestros aborígenes hasta principios del siglo XVI, la utilización del pescado fué de gran significación y según nos dice el ingeniero Francisco Sánchez Camacho*, el emperador Moctezuma lo hacia traer directamente de las costas veracruzanas para balancear su dieta; y continua diciendo que algunos frailes que llegaron con los conquistadores quedaron sorprendidos porque algunos indígenas se alimentaban de ostras. Lo anterior puede contrastarse con el consumo que hacen de los productos pesqueros algunos grupos hoy en día. Sin embargo, con el transcurso del tiempo su consumo ha decrecido a pesar de los grandes problemas alimenticios existentes y sus consecuencias inherentes.

Es sorprendente ver que mientras en nuestro país el consumo de calorías diario por persona en promedio es de 16 a 18 gramos lo que representa menos de la tercera parte de los países adelantados que es de 60 ó más.

Nuestro país tiene un índice de crecimiento demográfico de los más altos del mundo, lo cual no solamente constituye un grave problema alimenticio sino también laboral o de aumento en el ingreso y eso se consigue mejorando las condiciones ocupa-

* Sánchez C. Fco. Perspectivas del Aprovechamiento y Explotación de las Lagunas Litorales. pp 3 y 4.

cionales y creando nuevas fuentes de trabajo de acuerdo a la creciente demanda. Este grave conflicto se puede solucionar en parte con el aumento en la actividad pesquera que puede dar lugar a una gran industrialización de los productos con el fin de ser exportados o ampliar el mercado nacional tanto urbano como rural.

La piscicultura desde el punto de vista del tema en cuestión, viene siendo el uso del agua con el objeto de cultivar peces. Esta actividad se ha desarrollado especialmente en los cuerpos de agua artificiales con el objeto de introducir nuevas especies y mejorar la alimentación y abatir la desocupación en el campo.

En México durante los últimos años se ha venido desarrollando la piscicultura en gran escala, asesorada por técnicos especialistas, ya que para su fomento se requieren estudios ecológicos entre los que se incluyen análisis físicos (como clima, la turbidés del agua, etc.), químicos (sales y otros compuestos o elementos existentes en el agua) y biológicos (flora y fauna que habita en el medio). Los estudios realizados revelan que así como existen lugares óptimos, hay otros que presentan factores limitativos debidos principalmente a la contaminación especialmente de productos químicos, derivados del petróleo o sedimentos, aún así en algunos casos se está tratando de solucionarlos.

La diversidad climatológica y la distribución de los cuerpos de agua en toda la región hace posible un desarrollo variado en cuanto a especies se refiere, lo cual ha servido para introducir algunas de aguas frías como la carpa, templadas como la lobina negra y cálidas como la tilapia.

Según versiones de los técnicos del Instituto Nacional de Pesca, una hectárea de embalse produce 6 000 Kg. por año en forma natural, lo cual resulta superior si se compara con una superficie similar de tierra cultivada como el campesino acostumbrado ha hacerlo; esto es muy significativo porque en el campo existen numerosos cuerpos acuáticos que no son aprovechados en este sentido. Este mismo personal técnico calcula que una superficie de las mismas dimensiones puede producir de 8 a 10 toneladas en un año si se explota y conserva científicamente.

En 1936 se instaló la primera estación piscícola del país con el nombre de Temascal en una de las presas más importantes de Latinoamérica -Miguel Alemán- con una área de embalse de 47 000 ha. donde se introdujeron grandes cantidades de mojarra africana de agua dulce. En este lugar se produjeron en 1972, 2 500 toneladas anuales; en 1973, 3 500 y en el primer semestre de 1974 ha sido de 4 200 toneladas, lo cual demuestra que es el más importante no solamente de la región sino del país. Desafortunadamente se carecen de datos estadísticos de otros lugares parecidos con los que se pudiera establecer comparaciones.

En la actualidad existen distribuidos en el territorio nacional 15 centros piscícolas, destinados a la producción de crías de especies como: Carpa de Israel, Carpa Escamuda, Carpa Herbívora, Mojarra de Agallas Azules, Tilapia Mossambica, Tilapia Melanopleura, Tilapia Nilótica, Bagre, Lobina Negra, Trucha Arco Iris, Trucha de Arroyo, Pescado Blanco, Charal, Rana Toro, Rana Catesbiana, Langostino, etc. que posteriormente se reparten en ríos, presas, bordos, jagüeyes, etc. para incrementar la producción. De todos estos centros los de Tezontepec, Hgo., Flaco, D. F. y Tancol, Tamps., se localizan dentro de la región que nos ocupa.

El desarrollo de la pesca en agua dulce, parece ser promisorio ya que el Departamento de Evaluación de los Recursos y Productividad de FIDEFA (Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática), ha localizado numerosos cuerpos de agua (lagunas, presas, bordos, etc.) con posibilidades de introducción de especies como la carpa y la trucha con probabilidades de un buen rendimiento en un tiempo variable debido a las condiciones y a las características ambientales específicas de cada lugar.

Todo lo anterior es de gran relevancia porque el campesino podrá alternar sus ocupaciones entre las actividades agrícolas y las pesqueras, lo cual traerá como consecuencia un incremento notable en sus ingresos económicos como en su dieta alimenticia.

En el cuadro aparecen algunos de los lugares más importantes de desarrollo piscícola, así como el mapa 22 donde pueden ser localizados.

INDUSTRIA

El suministro de agua a los centros industriales es indispensable para la transformación de las materias primas o para ser parte integrante de los productos que posteriormente saldrán al mercado.

La utilización  agua en las fábricas puede concentrarse en dos grupos:

a) en los que el agua forma parte del producto, es decir que funciona como materia prima y

b) en los que se utiliza exclusivamente para el procesado, esto es, no forma parte del producto en sí.

El agua destinada a las industrias de la región procede principalmente de dos fuentes: los pozos y las corrientes superficiales, según sea la calidad de ésta, aunque puede suceder que en algunos no tenga importancia su procedencia.

La diversificación de los tipos de industrias instaladas en el lugar que aquí se estudia es considerable lo cual trae consigo una utilización muy variada del recurso, aunque con esto se pueden globalizar en los siguientes grupos:

- a) refinerías y plantas petroquímicas
- b) plantas termoeléctricas
- c) papel y celulosa
- d) productos químicos y farmacéuticos
- e) textiles
- f) productos alimenticios

Las refinerías y plantas petroquímicas que se localizan en las zonas de explotación de Ciudad Madero, Poza Rica y Minatitlán así como Azcapozalco utilizan el agua principalmente para el enfriamiento en la destilación del petróleo crudo, así por ejemplo para destilar un litro de petróleo crudo se requieren de 3.8 a 41.5 litros de agua*

En la región existen 65 plantas termoeléctricas, ubicadas en los sitios donde se pueden abastecer de combustible y grandes cantidades de agua, como Tampico, Poza Rica, Cd. Mante, Cd. Tlaxiaco, Tlaxiaco, Río Verde, Jacala, Jesús Carranza y Tacubaya principalmente.

* Jones y Darkenwald. Geografía Económica. Cap. XXX. pp.610 y 611.

Los volúmenes que consumen cada una de estas plantas fluctúan entre 50 000 y 90 000 toneladas* destinadas a ser convertidas en va por.

Las fábricas de papel y celulosa de la ciudad de México, Escamela, San Rafael, Naucalpan de Juárez, Orizaba y Loma Bonita, consumen fuertes cantidades de agua cuyos volúmenes varían según el sistema de procesado que se siga, por ejemplo:

- a) el mecanizado, en el que el consumo es aproximadamente de 9 000 litros por cada tonelada de producto y
- b) el químico el que requiere de más o menos de 380 000 litros por la misma cantidad.

La diferencia entre ambos consiste en la calidad del producto, siendo este último el preferido ya que por este medio el acabado es más fino.

En resumen, el agua en estas factorías se ocupa entre otras cosas para el lavado de los troncos y de la celulosa, para librarlos de impurezas y residuos químicos, para soluciones y diluciones químicas y producción de vapor, por lo que la mayoría de ellas son instaladas en los lugares en donde éste y los demás recursos son abundantes.

En las plantas de productos químicos de la Ciudad de México, Naucalpan de Juárez, Tampico, Minatitlán, Orizaba, Veracruz y Tlalnepantla como los más importantes, la utilización del agua es muy importante y a su vez resulta compleja dado a la múltiple gama de artículos que en ella se elaboran hoy en día, sin embargo algunas de las más comunes son enfriamiento, solución,

* Jones y Darkenwald. Geografía Económica, Cap. XXX. pp. 610 y 611.

ciones, lavado, etc. empleándose considerables volúmenes como acontece en el caso de la obtención de una tonelada de ácido sulfúrico, para lo cual se requieren de 3 025 a 27 300 litros de agua.

Para darse una idea de lo variado de la industria química ésta abarca uno ó todos de los siguientes procesos:

- a) elaboración de materias primas,
- b) semiprocesado de las mismas,
- c) productos elaborados,

Estos tres procesos se llevan a cabo en varios tipos de productos como:

- a) los químicos industriales de origen orgánico e inorgánico,
- b) las drogas,
- c) los plásticos,
- d) las pinturas,
- e) hule sintético,
- f) productos agrícolas
- g) hierro y acero,
- h) cemento, etc.

La industria textil de fibras sintéticas, algodón y lana que se encuentra en la ciudad de México, Río Blanco, Córdoba, Los Reyes, Pachuca y Orizaba, emplean el agua para blanquear, entintar, estampar, para vapor, enfriamiento y otras operaciones de acabado.

En la industria alimenticia que se encuentra comprendida principalmente en la ciudad de México, Naucalpan de Juárez, nepantla, Tampico, Poza Rica, Tuxpan, Alvarado, Veracruz, Loma Bo

nita, Pachuca, Tehuacán, Lourdes, Coyame, Coatzacoalcos, Orizaba, Córdoba, Cd. Valles, Jalapa, etc. se usa el agua en cualesquiera de estas dos formas:

- a) en la preparación o coción de las diversas materias primas conservándose ó no en las mismas.
- b) en las que el líquido resulta ser la materia prima.

En el primero de los casos se utiliza en las conservas y en el segundo se usa para la industria refresquera y demás bebidas.

En los diversos tipos de industrias también se emplean grandes volúmenes para la obtención de energía que mueve la maquinaria, verbigracia: los escurrimientos del río Blanco para la generación de hidroelectricidad destinada a las factorías de la región como las textiles y cerveceras principalmente.

Los volúmenes aprovechados industrialmente en las diferentes cuencas se mencionan a continuación, cuyos datos fueron tomados de los registros del archivo de Aguas Nacionales de la Dirección General de Aprovechamientos Hidrológicos que corresponde unicamente a los utilizados directamente de las aguas superficiales y manantiales.

Cuenca de los ríos	Volúmenes en m ³	% de la región
Actopan	484 533 600	6.514
Cazones	80 170 800	1.177
Coatzacoalcos	229 130 600	3.125
Colipa	7 598 200	0.103

Cuenca de los ríos	Volúmenes en m ³	% de la región
Cucharas	869.400	0.011
Jamapa	160 612 500	2.162
Juchique	2 363 600	0.031
La Antigua	79 077 300	1.689
Misantla	5 774 700	0.081
Pánuco	4 992 854 500	69.112
Papaloapan	826 431 200	11.324
Laguna de Tamiahua	4 433 900	0.061
Tancochín	231 600	0.003
Tecolutla	326 410 000	4.375
Tonalá	497 900	0.006
Tuxpan	17 242 700	0.228

Resumiendo los datos anteriores, la industria de la región consume aproximadamente 7 218 232 500 m³, del cual los tres principales ríos abastecedores son el Pánuco, ya que la mayor parte de la industria se concentra en su cuenca; en segundo lugar es el Papaloapan y en tercero el Actopan como visualmente aparece en la gráfica 20. Los lugares que así utilizan el recurso se localizan en el mapa 21.

Es importante destacar que algunas de las fábricas reutilizan el agua cuando ésta no se requiere en condiciones extremas de pureza, sobre todo cuando se aprovecha para el enfriamiento, no así en la elaboración de productos alimenticios y químico-farmacéuticos y algunos otros que requieren de una mayor calidad de la misma.

Lamentablemente son muy escasos los establecimientos que reutilizan el agua ya que la mayoría de ellos arrojan el excedente de deshecho a los mismos cauces.

El avance tecnológico y su expansión dentro de la región, propicia un aumento constante en el consumo de este recurso en los diferentes centros industriales que cada día se multiplican a medida que el país entero junto con ésta, hacen lo posible por alcanzar su pleno desarrollo.

ENERGIA HIDROELECTRICA

Es importante reconocer que, entre todas las riquezas con que la Naturaleza nos ha dotado, es sin duda la fuerza procedente del escurrimiento del agua, cuando de una u otra forma circula por la faz de nuestro planeta para completar una etapa o eslabón del ciclo hidrológico.

El movimiento del líquido referido, fué desde milenios atrás dominado por el hombre para coadyuvar en sus labores diarias, pero la invención del molino movido por el agua representó para la Edad Media una fuente de energía de gran significación en el desenvolvimiento tecnológico que en esa época se gestaba. La construcción de dichos molinos estuvo destinada en un principio para aquellos lugares donde existiera una caída natural, pero al transcurrir el tiempo las técnicas fueron avanzando y dichas caídas se hicieron artificiales con el auxilio de embalses pequeños que regularon y almacenaron el agua que debería de moverlo. De esta manera el hombre utilizó esa fuerza como auxiliar en su trabajo; así el agua pasó a desempeñar otro papel de gran rele-

vancia en el desarrollo industrial, sin embargo, en nuestros días la civilización contemporánea, cuando ha utilizado esta fuerza para producir electricidad ya puede prescindir -aunque no del todo- de estos medios tan rudimentarios que en otros tiempos fueron tan necesarios.

Al analizar detenidamente esta cuestión, resulta que la fuerza hidráulica constituye una fuente de energía que ofrece un sinnúmero de comodidades, bienestar y progreso para la comunidad y el hecho que permanezca en estado potencial resulta desde este punto de vista, un desperdicio por la falta de uso pues es un recurso renovable, siempre que las características físicas y biológicas más importantes se conserven.

El aprovechamiento del agua para generar electricidad representa un gran futuro dado a la crisis tan sutil de energéticos a la que en la actualidad se enfrentan algunos países como consecuencia de cuestiones políticas que aquí no tiene caso mencionar, pero que han dado lugar a la escasez de combustibles como el carbón y los hidrocarburos.

Los problemas de esta naturaleza se presentan a raíz de que los combustibles ya mencionados no son renovables y de que la explotación tan exhaustiva a que son sometidos es la causa de su agotamiento a pasos agigantados, por lo que sería conveniente ahorrarlos para aquellos usos en que se considere verdaderamente indispensable.

La electricidad en sí misma no es una fuente de energía pero desde la invención de la turbina y su acoplamiento a los generadores en el siglo pasado, ya se puede hablar de energía hidroeléctrica.

En efecto, las primeras pruebas para la obtención de electricidad se utilizaron en 1869, en las instalaciones hechas exprofeso en los valles glaciares de Grésivaudan, en el que se aprovecharon los escurrimientos de los hielos licuados por la radiación solar en las montañas.

La hidroelectricidad inicialmente producida, estaba estrechamente vinculada a zonas de cierta perioricidad en las precipitaciones y al relieve un tanto accidentado, en donde se efectuara un escurrimiento continuo con caídas, pero a más de cien años de estos acontecimientos el adelanto tecnológico hizo posible la construcción de presas para el almacenamiento del agua para poder ser utilizada en la época de estiaje, además estos embalses ya contaban con canales de demasías por donde circularan los excedentes. En cuanto al problema de las caídas éste se solucionó con el levantamiento de la cortina.

Al reiterar las características de la región ocupada por los ríos que aquí se estudian, puede apreciarse para este tipo de instalaciones que los resultados están a la vista, y así es, ya que la mayoría de las plantas hidroeléctricas se localizan en ella. Para la generación de energía hidroeléctrica se utilizan como es sabido las caídas de agua, presas de almacenamiento o bien sistemas combinados.

En la región de estudio los principales sistemas y plantas hidroeléctricas son los siguientes (ver mapa 20):

1) Sistema Necaxa, está constituido por cuatro plantas con capacidad instalada de 215 450 Kw. En este sistema se utilizan algunas caídas como las que existían en el río Necaxa, en combinación con cinco presas de almacenamiento. Una de las plantas recibe las

aguas del arroyo Chantecontla que son almacenadas provisionalmente en el embalse Los Reyes, con capacidad de 26.1 millones de metros cúbicos que cubren 275 has. Los volúmenes aquí existentes son conducidos a la presa Laguna en el río Apaxtla cuyas aguas cubren una extensión de 586 has. y contiene 43.5 millones de m³., esta presa también recibe los aportes de las cuencas altas de los ríos Coacuilta y Necaxa que aproximadamente son 11 834 300 y 15 629 400 m³. respectivamente. Ambas cuencas están intercomunicadas por el canal El Carmen (croquis 1), que se une con el Texcapa y conduce los volúmenes hasta las turbinas de la planta del mismo nombre y pone en movimiento sus dos unidades de 88 000 Kw. de capacidad total.

Después de que el agua es utilizada en la planta Texcapa sigue fluyendo por el río Necaxa hasta quedar almacenada en la presa de la misma denominación la cual tiene una superficie inundada de 150 has.; recibe el volumen de varias corrientes del río Laxaxalpan como el Hueyapan, Tepeixco, Laguna Zeompoala y Tehuizpalco, así como del Xaltepuxtla cuyos volúmenes promedio de sus respectivas estaciones hidrométricas son los siguientes:

Río	Estación	Volúmen en m ³
Laxaxalpan	Toma 26	919 728
Hueyapan	Cuamánala	241 268
Tepeixco	Tepeixco	404 538
Tlaxco	Tlaxco	218 856
Laguna	Laguna	195 328
Zeompoala	Zemipoala	482 611
Total del río Laxacalpan		2 720 940

Río	Estación	Volúmen en m ³
Xaltepuxtal	Xaltepuxtla	100 243
<hr/>		
Total aportado a la presa Nexapa		2 821 183
<hr/>		

La presa Tenango es la de mayor tamaño de todo el sistema, al cubrir una área de 341 ha. en la que se pueden almacenar hasta 43.1 millones de m³. de agua que llega del embalse Nexapa y del río donde se ubica, a través de un túnel. Los volúmenes acumulados en la presa Tenango son conducidos a la de Necaxa para incrementar su almacenamiento destinado a poner en marcha las turbinas de las diez unidades de esta planta que en conjunto tiene una capacidad instalada de 119 850 Kw., posteriormente estas aguas son conducidas por un túnel de 3.8 km. de longitud hasta el tanque regulador de la planta Tepeixc para mover las turbinas de los generadores de 15 000 Kw. cada uno y nuevamente son vertidas al río.

Aguas abajo de la planta Tepeixc son aprovechadas en la planta hidroeléctrica Patla, constituida por tres unidades con capacidad instalada de 45 200 Kw.

2) Planta Micos, se localiza en la cuenca del río Micos, consta de dos unidades cuya capacidad instalada es 10 500 Kw. cada uno, lo que hace un total de 21 000 Kw.

3) Planta Camilo Arriaga, se ubica en río El Salto cuyas aguas son aprovechadas por derivación; consta de dos unidades con una capacidad total de 18 000 Kw. de capacidad instalada.

4) Planta Tuxpango, está constituida por cuatro unidades que son movidas por las aguas de los ríos Tilapan, Escamela y Blanco que

llegan a la presa del Tuxpango de la que se aprovecha el agua para las turbinas cuyos generadores tienen una capacidad instalada total es de 36 000 Kw.

5) Planta Texolo se encuentra en el río La Antigua consta de dos unidades que tienen en conjunto 1 600 Kw.

6) Planta Mazatepec en la cuenca del río Tecolutla esta formada por cuatro unidades de 52 200 Kw. de capacidad cada uno y además con tres presas, una de almacenamiento y dos derivadoras. La presa de almacenamiento denominada La Soledad se encuentra en el río Apulco (croquis 2) y recibe también los del río Colapa donde se localiza la presa derivadora del mismo nombre y los deriva por su margen izquierda a través de un túnel de un metro de diámetro hasta la derivadora Atexcaco que se encuentra en el arroyo Dos Ríos. Esta presa a su vez aporta al embalse La Soledad sus volúmenes que en promedio anual son de 8.3 millones de m³. aproximadamente, los cuales son conducidos por el túnel Xiucayucan que parte de la margen izquierda. De la presa de almacenamiento La Soledad, las aguas son conducidas hasta el Pozo de Oscilación por medio de los generadores que en conjunto suman 208 800 Kw. que producen un fluido eléctrico a razón de 50 c.p.s.

7) Planta Temascal. Es la planta segunda en importancia en la región después de la de Mazatepec, se localiza en la cuenca del río Papaloapan en la que son aprovechadas las aguas del río Tonto a través de la presa Miguel Alemán para generar hidroelectricidad por medio de sus cuatro unidades con capacidad instalada de 38 520 Kw. que en conjunto hacen un total de 154 080 Kw. La presa Miguel Alemán tiene una capacidad de almacenamiento de 8 000 millones de m³. que cubren 43 330 hectáreas de superficie inundada, desempeña varias funciones: como mejoramiento en la navegación, control

de azolves y avenidas además de la generación de electricidad.

8) Planta Chilapan. En esta planta se aprovechan las aguas del lago de Catemaco el cual sirve como embalse de almacenamiento, se localiza en la misma cuenca general que la anterior en donde se utilizan las aguas del río San Andrés, consta de cuatro unidades con capacidad total instalada de 18 800 Kw. y opera a razón de 60 c.p.s.

9) Planta Minas. Cuenta con tres unidades que puestas en movimiento por los aportes de diversas cuencas (croquis 3) que según los promedios anuales registrados en sus respectivas estaciones hidrométricas -con igual denominación- son:

Nombre de la corriente	volúmen en millones de m ³
Arroyo Borregos	14.1
Arroyo Animas	7.0
Arroyo El Suspiro	15.1
Arroyo El Sauce	1.8
Arroyo Zacapoaxtla	11.8
Río Puerco	1.2

El total es de 51 millones de m³ que es derivado por el túnel Romerillos hasta el tanque regulador Horario Minas y de éste por un tubo de presión hasta las turbinas de los tres generadores con capacidad instalada de 19 200 Kw. en total.

10) Planta Huasuntlán, está instalada en la cuenca del río zacoalcos, en el que son aprovechados los escurrimientos que descienden de la zona volcánica de los Tuxtlas por el río Huasuntlán,

consta de una sola unidad que fué puesta en servicio en 1962 y su capacidad instalada es de 1 600 Kw.

Más características de las plantas mencionadas y algunas otras se encuentran en el cuadro 19 y su localización en el mapa 20.

En las cuencas de los ríos que comprende la región de estudio, existen 63 plantas de este tipo, que utilizan anualmente un volumen aproximado de 80 397 923 514 m³., según información de la Dirección General de Uso del Agua y Prevención de la Contaminación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. El volumen aportado por cada una de las corrientes es el siguiente:

Cuenca de los ríos	Volumen en m ³ .	% de la región
Actopan	956 035 400	1.152
Cazones	75 596 400	0.097
Coatzacoalcos	36 595 400	0.044
Colipa	27 782 700	0.033
Cucharas	1 576 800	0.001
Jamapa	1 255 150 600	1.461
Juchique	4 541 200	0.005
La Antigua	750 622 400	0.107
Misantla	87 052 000	0.010
Nautla	9 664 450 600	12.178
Pánuco	37 998 787 914	47.211
Papaloapan	23 552 133 600	30.337
Santa Ana	31 536 000	0.038
A. Solteros	1 944 000	0.002

Cuenca de los ríos	Volumen en m ³	% de la región
Tecolutla	5 941 489 100	7.314
Tuxpan	12 629 400	0.014

En algunas de las cuencas no existen plantas hidroeléctricas sin embargo el agua es llevada a aquellas donde se utiliza para este fin como ejemplo el sistema Necaxa.

De las 63 plantas hidroeléctricas localizadas en la región de estudio 30 son propiedad del Estado, esto es, de la Comisión Federal de Electricidad y las 33 restantes son de propiedad privada y uso particular. Todas las plantas hidroeléctricas antes mencionadas tienen una capacidad instalada total de 746 212 Kw. que representa el 38.2 % de toda la región en cuestión en la que existen 65 de vapor con un total de 1 048 418 Kw. y 681 de combustión interna con 196 186 Kw. (gráfica 21).

Al hacer la comparación del número de plantas hidroeléctricas del país y el existente en la región, se tienen los siguientes resultados:

<u>Lugar</u>	<u>Plantas</u>	<u>Capacidad en Kw</u>
Región de estudio	63	746 212
Resto de la República	111	2 563 987
Total del país	174	3 310 199

Lo anterior significa que el 29.2 % en capacidad y 36.2 % en el número de plantas del total del país, pertenece a la región

que nos ocupa (gráfica 22).

Debido a las peculiaridades tan diversas de la región, el aprovechamiento hidroeléctrico resulta desigual, es decir, que su uso está condicionado a esos factores físicos propios de cada una de ellas, así se observa que las plantas generadoras de electricidad se encuentran diseminadas heterogeneamente dentro de cada cuenca, así de norte a sur se tiene: (gráfica 22).

Cuenca de los ríos	Plantas	Capacidad en Kw.
Pánuco	28	37 677
Tecolutla	7	421 667
Nautla	5	60 900
La Antigua	2	1 938
Actopan	1	1 260
Papaloapan	19	221 170
Coatzacoalcos	1	1 600
Total	63	746 212

Como es de esperarse el recurso no ha sido totalmente aprovechado desde el punto de vista hidroeléctrico, pues existen varios estudios que se están realizando al respecto por lo que puede decirse que potencialmente hablando hay zonas susceptibles de una mayor explotación como en las cuencas de los ríos Coatzacoalcos, Cazones y Tonalá. Esto resulta de gran significación, porque si bien es verídico que se requieren fuertes inversiones, una vez que se amortizan, el fluido eléctrico resulta más barato que cualesquiera otro tipo de generación empleado.

NAVEGACION

Quizá el origen de la navegación fluvial surgió cuando el ser humano primitivo tuvo la necesidad de cruzar de una margen a la otra algún río profundo; este dilema sirvió de estímulo para utilizar algún cuerpo flotante que lo pasara a la orilla opuesta, posteriormente no sólo lo utilizó en el transporte de su persona, sino también para algunas de sus pertenencias.

Conforme el hombre adquirió experiencia en estos menesteres, fué dándose cuenta de las ventajas que le ofrecía, pues se requiere de menor energía que si se realiza por tierra, además, su capacidad en peso, volúmen y distancia recorrida es menor, aún utilizando la tracción animal.

El hecho de que el hombre se haya establecido desde la antigüedad en las márgenes de los ríos, no solamente debe limitarse a la necesidad del riego, sino también a otras actividades como la navegación en los ríos, por los cuales fué factible el tráfico de productos agrícolas excedentes destinados al mercado como aconteció en Egipto. Desde aquellos tiempos a los actuales el transporte fluvial sigue siendo el más económico de todos, por no requerir de construcción inmediata el medio donde se desplaza como ocurre en el terrestre, es decir, de vías férreas o carreteras; salvo excepciones en que son requeridas para la expansión ó mejoramiento de las naturales, como la canalización de los ríos ó la construcción de canales y además la energía empleada en el desplazamiento resulta de menor cuantía si se compara con los otros.

Durante todo este proceso histórico, puede apreciarse que algunas de las poblaciones que se ubican en las riberas de

los ríos prosperan como resultado de la ampliación de su campo económico utilizando el río en el transporte.

El movimiento a través de los ríos resulta más barato cuanto mayor sea el volumen de carga, más como es de suponerse las naves que las transportan requieren de una mayor profundidad, dado el aumento de su calado, para lo cual se tiene que recurrir a la canalización de los ríos por medio del dragado.

Por otro lado, mientras la red fluvial sea más extensa es posible que los fletes se reduzcan economizándose en los costos de las materias primas destinadas a los centros fabriles ó de los ya elaborados que se dirijan al mercado.

Cuando las condiciones físicas del terreno lo permiten, se construyen canales para unir o aproximar los lugares productores con los centros de consumo expandiendo así su esfera de influencia.

Si se analizan las condiciones físicas prevalecientes en las grandes regiones del mundo que cuentan con este sistema de transporte puede verse que la mayoría se localizan en terrenos ondulados o de topografía suave y si se compara con el lugar que aquí interesa, se apreciará que no todo presenta condiciones apropiadas ya que lo impiden las fuertes pendientes de la Sierra Madre Oriental y de la Sierra Volcánica Transversal; aún así la Llanura Costera del Golfo de México ofrece las características indicadas y de hecho es donde algunos ríos son navegables (mapa 22).

Las peculiaridades que presentan los ríos de la región, no son las ideales como pudiera pensarse, sino que requieren de obras de ingeniería para adaptaciones específicas, cada uno de

ellos.

El río Pánuco tiene una extensión navegable de 242 Km. desde la confluencia de los ríos Moctezuma y Tamaón hasta su desembocadura con una anchura que oscila entre los 100 y los 300 m. En este río se localiza el puerto de Tampico, Tamps. a una distancia de la barra de 10 Km. aguas arriba con una profundidad entre 9 y 10 m. A través de esa distancia que lo separa del mar existe un tráfico considerable de barcos mercantes y petroleros de gran calado procedentes del extranjero o puertos nacionales así como pesqueros que llegan a sus muelles. Los primeros transportan materias primas de origen agrícola o minero y algunos productos elaborados hacia otros países y viceversa, y los segundos regresan al puerto con productos del mar.

Por otro lado, son numerosas las embarcaciones procedentes de río arriba que efectúan un tráfico comercial con las poblaciones establecidas en sus riberas y este puerto, y de las cuales se tratará a medida que se vea la navegabilidad de sus afluentes.

Los afluentes del río Pánuco que se consideran navegables son el Tamesí, el Tamuín y Tempoal.

El río Tamesí es navegable hasta el kilómetro 136 aguas arriba de su afluencia al Pánuco, donde su anchura es de más de 100 m. la cual disminuye hasta alcanzar 75 m. en el kilómetro 105 y entre 45 y 55 m. aguas arriba.

Respecto a su profundidad, ésta oscila entre 8 y 9 m en los últimos 100 Km., excepto en los kilómetros 3 y 97, donde disminuye a 3 y 4 m. respectivamente; a los 130 Km de su desem-

bocadura se reduce a 5 m. y a los 136 del mismo punto es de 2.5 m.; a partir de aquí existen caídas y rápidos.

En el kilómetro 133 existen troncos enclavados que dificultan el paso de las embarcaciones de más de 2 m. de calado, aguas abajo del pueblo de San Antonio Rayón, el número de troncos no llega a ser peligroso, pero éstos aumentan en el sentido contrario a la corriente.

Las naves que transitan este río tienen un calado no mayor de 1 m. y una capacidad de 9 toneladas de mercancías que son repartidas en las poblaciones ribereñas a lo largo de su recorrido.

El río Tamuín o Tampaón extiende su navegabilidad hasta los 12 kilómetros aguas arriba de su desembocadura; por su parte el Tempoal puede ser remontado hasta los 10 km. debido a la existencia de instalaciones pesqueras.

Los productos más significativos que se transportan por el río Pánuco y sus afluentes navegables son: azúcar, café, pieles, materiales de construcción y carbón vegetal, desde las poblaciones de Pánuco (a 80 km de Tampico) y El Higo (a 242 Km. de Tampico) al puerto de Tampico principalmente.

El río Tuxpan tiene una distancia navegable de 65 km. en los que su anchura varía de 60 a 300 m. y con profundidades de 4.5 a 7.5 m., sin embargo en la barra es de 1.8 m. pero mediante el dragado se mantiene a 4 m. A los 12 km. arriba de la desembocadura se localiza el puerto de igual denominación, al que llegan embarcaciones procedentes de mar abierto por medio de un canal con amplitud de 50 m. y con profundidad frente a los muelles de 7 a 8 m.

Por el río Tenechaco, afluente del Tuxpan, es posible llegar hasta el poblado de Tanchinol después de 25 km. de recorrido, este afluente tiene una profundidad de 1.5 m. y la distancia de una a la otra margen es de 20 m.

Otro de los afluentes es el río Zapotal, transitable hasta los 22 Km. en los que existe una profundidad de 3 a 4 m y su anchura de 35.

Los barcos que con mayor frecuencia llegan al puerto de Tuxpan procedentes de alta mar son principalmente pesqueros y en menor proporción de otros puertos nacionales mientras tanto embarcaciones de un metro de calado transportan productos agrícolas entre los pueblos localizados en sus orillas.

Las condiciones existen en esta vía, pueden mejorarse si se eliminan los bancos y la barra por medio de obras de dragado.

El río Cazones solamente puede ser recorrido en sus últimos 30 Km. por embarcaciones de calado reducido.

Por lo que respecta al río Tecolutla, éste sólo es navegable en 10 Km. desde la barra hasta donde se ubica la población de Gutiérrez Zamora, por embarcaciones de 1.5 m. de calado, ya que la profundidad oscila entre 2 y 2.5 m. aumentando a 4 m. frente al lugar antes citado y su anchura es de .5 Km. Desde Gutiérrez Zamora hasta San Antonio (en el kilómetro 20) el calado se reduce, variando entre 50 y 75 cm. y de aquí al kilómetro 75 varía entre 25 y 35 cm.

Las embarcaciones que lo transitan sólo pueden transportar menos de 20 toneladas de mercancías en la época de estia-

je y de 75 a 100 toneladas en la estación lluviosa.

Los productos de transferencia son principalmente del agro consistentes en vainilla, tabaco, plátano y maíz.

El río Nautla es navegable en 37 Km., tiene una profundidad de 1.75 m. en su desembocadura, aumentando a 5 m. y posteriormente decrece a 3 m, frente al puerto de Nautla y en San Rafael el lecho del río tiene entre 1 y 2 m. Este río es transitado por barcos pesqueros hasta Nautla y por barcasas y canoas el resto.

Los productos del campo como el plátano, son transportados en barcasas con capacidad de 80 a 100 toneladas desde el poblado de Fondeadero al puerto de Nautla.

En relación con el río Actopan, apenas si se puede decir que sea navegable por muy pequeñas embarcaciones.

La navegabilidad del río Papaloapan se extiende desde su desembocadura hasta el kilómetro 110 que coincide con la población de Chacaltianguis. La profundidad varía notablemente hasta San Cristóbal (Km. 76) es de 5 m. En Cosamaloapan (Km. 95), de 2.5 m. y en Chacaltianguis (Km. 110) se reduce a 1.4 m., pero es posible remontarlo hasta el kilómetro 173 donde se localiza la población de Papaloapan en el límite de los Estados de Oaxaca y Veracruz con embarcaciones de menos de 50 cm. de calado. En la estación lluviosa es posible llegar hasta Ojitlán - ya en el río Santo Domingo - mientras que durante la de estiaje sólo hasta donde antes se dijo.

De los afluentes del río Papaloapan son navegables los siguientes:

El río Tesechoacán hasta Villa Azueta con 49 Km. y desde éste por el Playa Vicente puede llegarse hasta el poblado del mismo nombre en el kilómetro 120. Su movimiento fluvial es muy reducido debido a la existencia de bancos en su desembocadura que se reduce a una profundidad de 60 cm.

El río Tonto, aunque parezca paradójico, presenta profundidades mayores que el colector general, lo que se explica por el reducido material de acarreo en él depositado lo cual hace que su extensión navegable sea hasta de 120 kilómetros, es decir desde su desembocadura hasta el poblado de Ixtacapa.

El río Amapa es el afluente con menor longitud navegable ya que escasamente es de 10 kilómetros.

Si se navega por el río Obispo, se puede llegar hasta Loma Bonita situada a 35 Km. de su desembocadura.

Para concluir con los afluentes del río Papaloapan cabe mencionar al San Juan con 30 Km. de distancia navegable, en el que existen profundidades que varían entre 5 y 9 m. pudiendo recorrerse en barcazas hasta de 60 toneladas. Aguas arriba de este punto, esto es, en el kilómetro 30 el río ofrece acceso a embarcaciones de solamente 45 cm. de calado.

El transporte fluvial más significativo del río Papaloapan está representado por las barcazas con capacidad hasta de 100 toneladas que transportan principalmente caña de azúcar desde los ingenios ribereños y en menor proporción de frutas, legumbres, maíz y tabaco hacia los centros de consumo o distribución como Alvarado y Tlacotalpan que son los puertos de mayor importancia. Estos últimos lugares son también tocados por barcos pesque

ros procedentes de mar abierto.

El río Coatzacoalcos tiene una distancia transitable de 71 Km. partiendo desde su barra en la que la profundidad alcanzada es de 7.9 m. En el trayecto se localizan los puertos de Coatzacoalcos y Minatitlán; el primero a dos kilómetros de su desembocadura y el segundo un poco más arriba.

Durante el estiaje en sus afluentes principales como el río Calzadas se puede navegar hasta 16 Km. arriba de su desembocadura. El Cochapa tiene una longitud navegable de 21 Km. y el Chiquito de 41 Km.; sin embargo el Uxpanapa es posible remontarlo desde su afluencia hasta el kilómetro 122, lo mismo puede hacerse pero en menor distancia en el río Chichijapa y en el arroyo de Francia, en 9 y 5 Km. respectivamente.

El petróleo es el principal producto transportado por buques cisterna desde los puertos de Minatitlán, Coatzacoalcos y Nanchital - estación de Petróleos Mexicanos localizada aguas arriba y en el río de su nombre, -además es importante el transporte de azufre, fertilizantes y productos agrícolas como el café, azúcar, fibras y mieles intristalizables.

El río Tonalá es posible navegarlo en 35 Km. desde la barra donde la profundidad es de 2 a 2.5 m., la cual aumenta a 6 m. en el río propiamente dicho próximo a su desembocadura y su anchura es de 22.5 m. En su margen izquierda se localiza el puerto de su nombre, frente al cual la amplitud del cauce se reduce a 80 m. y la profundidad decrece a 1.8 m río arriba.

Los ríos cuyas aguas son vertidas en el colectivo:  ral cuentan con diferentes distancias navegables; por ejemplo el

río Zamapa tiene 86 Km. aguas arriba. Desde el río Principal, hacia aguas arriba, los ríos Blasillo, Venta y Chicozapote tienen 15, 3 y 16 Km. de longitud con profundidades de 3. 3.5 y de 2 a 1 m. respectivamente. El río Tancochapa - continuación del Tonalá - es después del Zamapa el que cuenta con mayor recorrido navegable pues éste es de 72 Km. desde su desembocadura en el que la profundidad es de 6 m. A esta corriente fluye el río El Pedregal por su margen derecha y el Playa o Xocoapan por la izquierda cada uno de ellos es navegable en 27 y 17 Km. respectivamente debido a que sus profundidades son de 4 m. en el primero y de 4 a 1 en el segundo.

Por último el río Xocoapa tiene 34 Km. de posible navegación.

Líneas arriba se mencionó el porque de la navegación y expansión de este sistema de transporte, lo cual viene a corroborar la presencia del canal intercostero, que une desde los años cuarenta los puertos de Tampico, Tamps. y Tuxpan, Ver. a través de las lagunas de Tamiahua y Tampamachoco. Este canal de aproximadamente dos metros de profundidad es utilizado por las barcazas de Petróleos Mexicanos en el transporte de petróleo crudo y maquinaria principalmente. Con su apertura se incorporó el poblado de Tamiahua a este tipo de comunicación del que se transportaban productos pesqueros hacia los puertos antes citados.

En años recientes el movimiento fluvial ha decrecido en este canal quizá debido a la falta de expansión del sistema o a la construcción de la carretera costera del Golfo de México, aún así, durante el gobierno de el Licenciado Adolfo López teos se hicieron estudios destinados a su ampliación hasta el puerto de Matamoros en el norte y Chetumal en el sur, para lo

cual se utilizarían algunos elementos morfológicos como las lagunas costeras y los cursos de algunos ríos.

TURISMO

Es quizá desde tiempos inmemoriales, cuando el afán descubridor del hombre hacia nuevos horizontes, en busca tal vez de aquellos productos que vinieran a satisfacer sus necesidades más apremiantes, cuando la Naturaleza, cual la más hermosa de las de su especie, pusiera ante tus ojos con singular coquetería sus múltiples encantos que como un artífice de hechicería le librara de las preocupaciones de la vida cotidiana y monótona para hacerle recordar que él como los demás seres vivos e inanimados que lo rodean, son parte de esa armonía a la que con justa razón los griegos le llamaron Oikos (casa).

Con el paso de los años el ser humano ha evolucionado biológica y culturalmente tratando siempre de conquistar la Naturaleza y dominarla a su antojo; su tecnología ha evolucionado tan notoriamente que con frecuencia se ha convertido en esclavo de ella misma, llegando a tal extremo de tener la imperiosa necesidad de fugarse hacia aquellos lugares que él mismo llama de esparcimiento, pero no son sino aquellos que algunas veces pasaron bajo la atención omisa de los que le antecedieron y que hoy resultan verdaderos refugios de reposición energética y espiritual del hombre moderno.

Lo anterior demuestra por qué el turismo como actividad se ha venido practicando desde hace tiempo, pues ya en el s. primero antes de Cristo, o sea, en la época del Imperio Romano, ya se notaban esos movimientos temporales de población hacia

aquellos lugares de mayor atractivo como las playas del mar Mediterráneo, por lo tanto no es como pudiera pensarse un fenómeno de la vida actual, sino que simplemente su notoriedad se ha multiplicado.

Hoy en día el turismo es de tan alta significación como cualquier otra diligencia, pues existe una estrecha relación entre la práctica de éste y el éxito o el fracaso del trabajo que desempeñe, ya que el cansancio termina por convertir al más ágil y eficaz de los hombres en una persona lenta e inútil.

La recreación es un elemento primordial para los habitantes de las grandes ciudades con vastos centros industriales donde el ruido, la contaminación y los enormes problemas urbanos alteran el estado psíquico del ciudadano pues a la menor oportunidad escapan hacia esos parajes que la Naturaleza ha dotado de todos aquellos encantos que alientan la vida de los paseantes y levantan el ánimo de quienes los visitan y es ahí donde el colorido del paisaje, del canto de las aves y el murmullo del agua cristalina de un riachuelo, "inyectan" de nuevos elementos vivificantes al espíritu y al organismo humano.

Es común confundir la recreación con la holganza, pero no hay nada más agradable que el optimismo de una persona después de que ha disfrutado sanamente de la magnificencia del campo, sobre todo en aquellos lugares donde el agua bulliciosa es parte integrante del paisaje.

La presencia de este líquido en los lugares de esparcimiento ya sea en el remanso de un riachuelo, en la sonoridad de una cascada, la apacibilidad de un embalse ó el cantarino brujar de ésta de las entrañas mismas de la tierra, es muy signifi-

cativo por ser un símbolo de vida que le pone ese toque de alegría tan importante en estos casos, más eso no es todo, ya que en ella el paseante puede practicar el deporte de su predilección o reposar para mitigar el dolor de sus males, cuando las condiciones de aquellas son apropiadas.

El agua como recurso turístico de una región, está determinado por las características geográficas en ella existentes, así en la que nos ocupa puede apreciarse que en los lugares de mayor humedad y de topografía más pronunciada como la Sierra Madre Oriental y la Sierra Volcánica Transversal, existen rupturas de pendientes en los cuales los escurrimientos que dan lugar a formación de cascadas como La Gloria en el río Apulco, la de Tancoco en el río Tancochín, la de Eypantla en el río San Andrés y otras de menor tamaño aunque no con tanta belleza, como el Rincón Grande del Tilapan, Trinidad en el Cazones y la de Coaxtla en el Atoyac. Es muy posible que existan algunas más que el público desconoce por lo apartado de sus ubicaciones y la falta de información al respecto.

Desgraciadamente desde este punto de vista - algunas de estas maravillas ya han desaparecido debido al aprovechamiento del agua en la generación de electricidad, como las dos cascadas del río Necaxa, la de Los Micos en el río Tampaón, El Salto en el mismo que el anterior, la Tuxpango en el río Tilapan y algunas otras caídas como las del río Blanco lo cual ha restado el atractivo a esos sitios.

Los rápidos también tienen ese toque de atracción y son abundantes en los ríos formadores así como en los afluentes afluentes de los colectores generales. En algunos de estos luga-

res es posible practicar la pesca deportiva, aunque existe poca afición de hecho quizá a la falta de costumbre, a lo elevado del costo del equipo -que en su mayor parte son de importación- ó porque se requiere de una amplia difusión tanto del deporte mismo como de los lugares donde puede llevarse a cabo. En los embalses de las presas y lagunas también es factible su práctica ó en los cauces medios o bajos de los ríos.

En algunos puertos como Tampico, Cd. Madero, Tuxpan, Tecolutla, Gutiérrez Zamora, Veracruz, Alvarado, Coatzacoalcos y Minatitlán, existen clubes de pesca que organizan con la colaboración del Departamento de Turismo, torneos nacionales, e internacionales de la pesca del sábalo que atrae la atención de los aficionados.

Los lugares de mayor importancia donde se puede practicar la pesca deportiva dentro de las aguas continentales aparecen en el mapa 22 y aparte de éstos, las zonas costeras como los puertos ya mencionados y además en las lagunas de Tamiahua, Mandinga, Tampamachoco y Alvarado.

Los balnearios existentes en la región son numerosos y de todos tipos, pues los hay marinos, mineromedicinales y deportivos, de tal manera que el turista lo mismo puede emocionarse con el ir y venir de las olas y jugar con la arena cálida del mar que reposar apaciblemente en las aguas termales mientras esta coadyuva a la recuperación de su salud o practicar, si así es su deseo, la natación ya sea dentro de una alberca, un río ó el mar mismo.

Son numerosos los balnearios marinos localizados en la

costa del Golfo de México, en la que existen arenas finas que en muchas ocasiones forman dunas y el fondo de sus playas son de pendientes suaves. Algunos de los más importantes balnearios cuentan con instalaciones apropiadas como hoteles, restaurantes, vestidos, etc. y en otros - los menos frecuentados- carecen de ellas, por lo que es recomendable que el paseante lleve consigo lo más indispensable pero aún así es posible que pase momentos inolvidables, ya que de este modo gozará más del paisaje natural.

Los balnearios mineromedicinales se localizan en la Altiplanicie Mexicana, la Sierra Madre Oriental, Valle de México y región de los Tuxtles, allí donde los efectos de la actividad volcánica todavía persisten, como son las características térmicas de sus aguas, lo cual ocasiona una mayor disolución de los elementos que encuentran a su paso y les dan peculiaridades químicas muy diversas. Esas peculiaridades químicas dependen de la composición de las rocas que entran en contacto con ella, lo cual les da a algunas de ellas propiedades terapéuticas muy variadas.

Es común que los balnearios ya citados cuenten con instalaciones deportivas como albercas y otras complementarias que serían canchas de bolibol, basquetbol o campos de futbol y beisbol, etc. donde el vacacionista puede, dentro de la alberca, chapotear u organizar competencias de clavados, waterpolo, etc.

Los balnearios existentes en la región no han sido explotados convenientemente, ya que algunos de ellos carecen de servicios apropiados para recibir a los turistas.

Los más importantes balnearios de la región de esta aparecen en el mapa 22.

En algunos sitios muy específicos se pueden practicar otros tipos de deportes acuáticos como el remo, el sky, la vela, y otros más, que requieren de superficies acuosas de gran superficie y algunos de determinada profundidad ya que se utilizan embarcaciones y motores que las impulsan como es el caso del segundo de los deportes mencionados.

El más popular de estos deportes es el remo porque los restantes requieren de equipos costosos que no siempre están al alcance del paseante.

Los lugares de mayor importancia para este tipo de diversiones resultan un poco escasos, sin embargo, pueden mencionarse las presas de: Miguel Alemán y Necaxa, las lagunas de Tamiahua, Tampamachoco y Alvarado, el lago de Catemaco y las partes bajas de los colectores generales de los principales ríos de la zona.

El desarrollo del turismo es de gran significación pues además de los beneficios físicos y espirituales que proporcionan al vacacionista también constituyen una actividad económica ya que representa el medio de vida para los habitantes de los lugares a donde se dirige el paseante; es decir, ofrece oportunidades para la instalación de hoteles, comercios, restaurantes, etc. que pueden emplear la mano de obra local y lo que es posible siempre que exista una infraestructura adecuada como vías de comunicación, electricidad, teléfono, agua potable, drenaje, etc.

En el tema concerniente a la morfología se mencionó el origen hídrico de las grutas que se mencionan y es aquí donde el turista puede tener emocionantes aventuras al descender a esas grandes profundidades, algunas de ellas de difícil acceso, inves-

tigar dentro de ellas las formas tan extrañas de vida desarrolladas en esos ecosistemas o admirar esas formas caprichosas que maravillan y al mismo tiempo ponen en actividad la imaginación.

Todas estas inquietudes pueden ser satisfechas y seguramente lo convertirán en un verdadero aficionado a la espeleología cuando explore las existentes en el norte de la cuenca del río Pánuco, donde como ya se dijo, hay varias zonas con un sinnúmero de ellas que en su mayoría no han sido visitadas y aún menos estudiadas por ser tantas y algunas muy difíciles de descender debido a las pendientes tan fuertes de sus acantilados que las hacen peligrosas lo cual implica llevar consigo un buen equipo y tomar las debidas precauciones.

La zona más significativa (Xilita), localizada al suroeste de San Luis Potosí y noreste de Querétaro, donde los ríos superficiales son casi inexistentes porque el agua de la lluvia se infiltra rápidamente. Allí existen numerosas grutas, algunas de ellas son de las más profundas del continente aunque también las hay superficiales.

Como se verá, las puertas están abiertas a un mundo lleno de sorpresas para todas aquellas personas que deseen disfrutar de ellas.

CAPITULO III

C O N T A M I N A C I O N

Generalidades. Contaminación hídrica de la región de estudio.

GENERALIDADES

El hombre siempre se ha preocupado por su mejor bienestar logrado mediante un gran desarrollo tecnológico, pero se olvidó de las consecuencias que traería consigo al modificar, al mismo tiempo, la armonía del medio en que habita. Una de esas modificaciones del espacio que le rodea es ocasionada por la contaminación que consiste en la alteración de las condiciones del medio ambiente dadas por la correlación de factores físicos, químicos y biológicos que al ser modificados por el exceso de desperdicios arrojados deliberadamente en él, trae como consecuencia un rompimiento ecosistemático que puede transformarse en un factor limitante para la vida de la flora y la fauna.

La contaminación puede ser clasificada de muy diversas maneras.

Por el medio donde se presenta:

- a) atmosférica,
- b) edáfica e,
- e) hídrica.

Por el tipo de contaminantes:

- 1) metales pesados,

- 2) materia orgánica,
- 3) temperatura,
- 4) sedimentos, etc.

Por su procedencia:

- I) doméstica,
- II) industrial,
- III) sedimentaria.

Para un estudio geográfico sobre las características hidrográficas y uso del agua específicamente, es pertinente utilizar la primera de esas clasificaciones como base con estrecha relación con las dos subsiguientes.

La contaminación hídrica en este caso es la alteración de las características físicas, químicas y biológicas del agua ocasionada tanto por su uso como por los desechos contaminantes que en ella se vierten.

CONTAMINACION HIDRICA EN LA REGION DE ESTUDIO

El agua de la región que nos ocupa cubre toda una gama de usos, por ende los tipos y grados de polución serán un tanto cuanto distintos.

Los tipos de contaminantes vertidos en estas corrientes pueden agruparse en dos tipos:

- a) los biodegradables, que son los que pueden desintegrarse rápidamente por medios naturales ó por la inventiva del hombre
- b) los no degradables que se refieren a todos aquellos que no pue

den ser descompuestos o si lo son, esto ocurre muy lentamente.

Como es de esperarse el agua en la región como en la naturaleza no se presenta totalmente pura; estas impurezas son adquiridas al pasar por las diferentes etapas del ciclo hidrológico y por el uso que se le dé; sin embargo, al igual que otros medios -suelo y atmósfera - tiene la propiedad de autopurificarse y esto depende de las características ya mencionadas, y el tiempo en realizar esta tarea está vinculado al tipo y cantidad de contaminantes, así como de la corriente de que se trate ya que si se rebasa el límite de su capacidad se tendrán o se presentarán problemas de contaminación con graves conflictos en el uso o reuso del recurso.

La mayoría de las concentraciones urbanas localizadas en estas cuencas, descargan sus aguas sanitarias directamente a los ríos sin previo tratamiento. Estas aguas negras tienen un exceso de materia orgánica (heces fecales, urea y desechos alimenticios) y detergentes que son consecuencia de la actividad humana. Por otra parte los habitantes de estas mismas poblaciones tienen la costumbre de arrojar la basura a estas corrientes aumentando la polución por el exceso de materia orgánica que origina una mayor demanda de oxígeno. Los organismos patógenos se manifiestan en las enfermedades gastrointestinales y la elevada parasitosis de la población.

Sin embargo, la actividad humana que más contaminación ocasiona en el agua, es aquella relacionada con la industria así los desechos provenientes de las refinerías y pozos petroleros que contienen derivados petroquímicos: sales de plomo, ácidos, álcalis, fenoles, benceno, etileno, tolueno, aromáticos pesados,

etc. que son arrojados a las corrientes de los ríos Pánuco, Tuxpan, Cazonos y Coatzacoalcos. Estos polutores son de toxicidad directa en los seres vivos del medio acuático, al mismo tiempo que altera el pH. Las grasas derivadas del petróleo se extienden en la superficie en forma de película que impide el intercambio gaseoso con la atmósfera y por lo tanto no hay reposición del oxígeno que necesitan los organismos y a su vez destruye el plancton y las algas que sirven de alimento a los peces. Por otra parte los compuestos sedimentables destruyen los organismos bentónicos e impiden el desove de los peces y los desperdicios que se diluyen en el agua son ingeridos por estos animales lo cual altera el sabor y esto redundo por consiguiente en la aceptabilidad de las especies por el público. Estudios realizados por Sergio García Sandoval* en la laguna de Tamiahua, confirmaron que estas fueron las causas de la mortalidad ostrícola ocurrida en 1963 cuando Petróleos Mexicanos hacía sus explotaciones en dicho embalse.

Las aguas de desecho de las factorías de papel y celulosa que contienen líquidos digeridos con compuestos químicos como ácido arcénico, licores sulfatados, azúcar de madera, etc., fibras de madera, celulosa y líquidos que se emplean en el descortezado y desmenuzado de los troncos de los árboles, alteran el potencial de iones hidrógeno y son de toxicidad directa y las fibras obstruyen las branquias de los peces, los cuales mueren por asfixia. Estos problemas se presentan en las aguas de los ríos Pánuco y Papaloapan principalmente.

Los residuos de la industria química y farmacéutica

* García, S.S. Mortalidad Ostrícola en la Laguna de Tamiahua, Veracruz ocurrida en 1967. pp. 18.

muy complejos debido a la gran variedad de elementos y a las distintas cantidades vertidas por los establecimientos que en algunos casos son de alta toxicidad que afecta la vida en las aguas de los ríos Pánuco y Papaloapan con los metales pesados (cromo, mercurio, plomo, etc.) y residuos biológicos.

En la revista Técnica Pesquera el Biólogo Juan José Morales* escribe un artículo sobre los grandes estragos que ha sufrido la fauna acuática del río Blanco, afluente del Papaloapan, debido a esta clase de contaminantes, lo que ha redundado en la exterminación de los peces en los últimos 15 años y en el mal sabor que han adquirido los famosos langostinos de Córdoba. Esto no es todo, sino que existen versiones de los ganaderos de la región que dicen que han tenido que construir sus propios pozos por que el agua envenenada de este río provoca abortos en el ganado mayor.

Los ingenios azucareros, a pesar que solamente trabajan una vez al año, arrojan en sus aguas materia orgánica (con cachaza y bagazo), cal, residuos de blanqueadores, hipocloritos y aguas de condensación que causan una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y al mismo tiempo son de toxicidad directa. Estos ingenios se localizan en la región de estudio generalmente en las riberas de los ríos: Pánuco, Nautla, Actopan, La Antigua, Jamapa, Papaloapan y Tonalá, que son donde arrojan sus desperdicios.

La industria alimenticia tiene como desechos, fuertes cantidades de materia orgánica que ocasiona un aumento en la demanda bioquímica de oxígeno del río Pánuco principalmente.

* Morales J. J. Contaminación en Orizaba. Rev. Técnica Pesquera pp. 23, 24 y 25.

Los desperdicios inorgánicos de la minería, tanto en la extracción de metales como en la purificación y aleación de los mismos son frecuentes en la cuenca del río Pánuco y consisten en sales de diversos metales, carbón mineral en forma de cieno en partículas finas y ácido sulfúrico, los cuales junto con los residuos petroleros y químicos así como el constante dragado del puerto de Tampico ha ocasionado la emigración de varias especies poco resistentes a ellos, según los comentarios de los técnicos de la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

Las plantas termoeléctricas arrojan fuertes cantidades de agua caliente directamente a los ríos Pánuco (por la laguna del Chairel) y Cazones.

Las aguas que emplean las tenerías las devuelven a las corrientes con sales de cromo, sulfuro de sodio, taninos y materia orgánica. Los tres primeros son de toxicidad directa y la última provoca una desoxigenación o se acumula en las branquias de los peces alterando sus funciones respiratorias. Estos problemas se presentan en la cuenca del río Blanco que junto con los desechos químicos contribuyen a la ausencia de la pesca en la región de Córdoba y Orizaba. Todos los residuos de la mencionada zona son acumulados en la presa Tuxpango cuyas aguas fuertemente contaminadas causan la muerte de los peces cuando una vez al año se abren sus compuertas.

El agua del río Blanco se utiliza en las fábricas de hilados y tejidos y que posteriormente es regresada al cauce conteniendo abundantes fibrillas de algodón, lana y materiales sintéticos que se acumulan en las agallas de los peces quienes posteriormente fenecen por no poder respirar. La industria textil

se localiza en la zona fabril de Orizaba y Córdoba y por ende es aquí donde se presentan estos conflictos.

Los desechos de las cervecerías y destilerías contienen grandes cantidades de materia orgánica y alcohol etílico que llegan al río Blanco procedente de las ciudades de Orizaba y Nogales en la cuenca del Papaloapan. Los efectos más importantes en los seres vivos del medio acuático es el aumento en el consumo de oxígeno y la toxicidad directa.

Todos los establecimientos industriales que emplean de detergentes y sosa cáustica (hidróxido de sodio) en la limpieza de sus instalaciones y en el lavado de envases. Estas aguas sucias son de alto poder tóxico y alteran el pH con la sosa y con los fosfatos causan una sobrefertilización superficial y profunda de los ríos.

Los escurrimientos formadores arrastran en sus aguas residuos de fertilizantes y pesticidas sobre las áreas donde se aplican y por otro lado remueven o erosionan las partes incoherentes del terreno aumentando la contaminación con los materiales que transportan. En el caso exclusivo de los residuos de los fertilizantes, estos pueden favorecer en algunos casos por que proporcionan al agua elementos de los que en un momento determinado pueda carecer, según puntualiza el biólogo Armando Morales* del Instituto Nacional de Pesca; pero en lo concerniente a los materiales de acarreo estos enturbian el agua lo que dificulta a los peces encontrar su alimentación, este es el caso de la cuenca del río Papaloapan donde fuertes cantidades del suelo descenden de la zona montañosa de su cabecera localizada en el estado de Oaxaca.

* Información verbal.

En general, los grados de contaminación (en porcentaje) de las aguas de los ríos de la región dados por la Dirección de Uso del Agua y Prevención de la Contaminación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, se presentan de la siguiente manera: (gráfica 23 y mapa 23).

- a) Del 100 al 80 % el río Pánuco (Valle de México)
- b) Del 80 al 60 % el río Pánuco (excepto el Valle de México, el río Jamapa, el río Papaloapan (su afluente el río Blanco) y el río Coatzacoalcos.
- c) Del 60 al 40 % el río Papaloapan (excepto el río Blanco)
- d) Del 40 al 20 % los ríos Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Actopan, La Antigua y Tonalá.
- e) Del 10 al 0 % las corrientes que descargan en la laguna de Tamiahua, las que descienden de la región volcánica de los Tuxtles y otras pequeñas que se localizan entre las cuencas antes mencionadas como puede verse en el mapa 23.

Los problemas más significativos de la contaminación se presentan en los focos; es decir, en los sitios donde se vierten las descargas a las corrientes de los ríos; sin embargo, estas últimas pueden continuar con alto grado de polución si cuentan con un volumen escaso, si carecen de afluentes importantes o tienen una pendiente suave que impida una mayor dilución ya que los rápidos coadyuvan a una mejor aereación y por ende a una autopurificación. El primero de los casos se presenta en la época de estiaje o en aquellos lugares de escasa precipitación y alta evaporación y el segundo cuando el terreno es sumamente plano sobre el cual los ríos fluyen lentamente, por lo que deben tomarse en cuenta estas peculiaridades antes de introducir substancias extrañas a las corrientes.

La basura arrojada a las corrientes consiste más bien en un problema de educación y descuido de los habitantes que hacen caso omiso de las advertencias que se hacen por los medios de difusión masivos y es precisamente en estos momentos cuando la ley tiene que hacer valer su autoridad aplicando fuertes sanciones a todos aquellos individuos que alteren el medio ambiente arrojando sin ninguna consideración desperdicios; las mismas medidas deben tomarse en lo que respecta a las personas que echan sus descargas sanitarias directamente a los ríos y en el caso de que se carezca de medios económicos para construir o expandir la red de drenaje deberá ponerseles en conocimiento para que construyan fosas sépticas.

Es importante que si las autoridades desean atacar el problema de la contaminación del agua, empiecen por ejemplificar tratando los desechos sanitarios de los centros de población y de las empresas descentralizadas o administradas por el Estado; de esta manera podrán con mayor razón aplicar todo el peso de la ley a los que se muestren renuentes ha hacerlo, sobre todo a los industriales irresponsables que por lo general piensan que las instalaciones merman sus ganancias lo cual consideran más importante que el bienestar de la comunidad a la que ellos mismos pertenecen.

Para una solución en el conflicto de la polución hídrica proveniente de las instalaciones industriales, es necesario efectuar una serie de estudios encaminados a sacar a la luz la magnitud del problema y sugerencias para que los empresarios instalen en sus factorías plantas tratadoras de desechos antes de ser vertidas a los ríos, drenaje municipal o cuerpos de agua; es decir, que estos reúnan características aceptables para evi-

tar molestias a la flora y a la fauna acuática, según reglas pre establecidas. Cuando al industrial le sea antieconómico el esta- blecimiento de dichas instalaciones deberá asociarse con otros que tengan los mismos problemas para que en conjunto los resuel- van o que el Estado si cuenta con recursos suficientes se las construya en forma colectiva y les trate sus desechos mediante un costo apropiado.

Es importante razonar que así como existe una ley so- bre inversiones que establezca determinadas normas a los capita- les del exterior, de esta misma forma es conveniente exigir a los industriales, el tratamiento de sus aguas servidas. Pero no debe concretarse a simples proyectos y a leyes que jamás se cum- plan, sino que es necesario actuar en este momento y con energía estableciendo una vigilancia estrecha de todos los establecimien- tos seguidos de continuos estudios por verdaderos especialistas en la materia que tengan un verdadero conocimiento del valor que representa la conservación del medio acuático y no esperar a que el problema se agudice para poder empezar, lo cual implica un al- to costo, un esfuerzo supremo y grandes molestias que de ningu- na manera podrán resolverle al medio ni en sus más remotas pe- culiaridades primigenias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La enorme extensión y la situación de la región de estudio dentro del territorio nacional, se proyecta de tal manera que toma parte de varias provincias fisiográficas con características bien definidas, sobre las cuales se localizan las cuencas estudiadas, cuyas áreas diferentes están dadas principalmente por la naturaleza orográfica del terreno representado por la Sierra Madre Oriental y la Sierra Volcánica Transversal. Estos sistemas montañosos al mismo tiempo que la latitud, los frentes, los ciclones tropicales y los vientos alisios influyen en el aspecto climático, el cual tiene estrecha relación con los caudales de los ríos ya que sus escurrimientos provienen directa e indirectamente del agua precipitada.

Desde que el agua de lluvia llega a la superficie de la tierra y fluye sobre ella hasta su desembocadura en el Golfo de México, actúa como agente erosivo cuya fuerza es modificada por factores físicos y biológicos, es decir, como modelador de formas cuya acción puede ser frenada o parcialmente detenida cuando el terreno presenta cierta resistencia debido a las características del mismo o bien a la cubierta vegetal que actúa como protectora. De lo anterior se desprende la necesidad de establecer una estrecha relación entre la explotación racional y adecuada de los recursos y la conservación de las cuencas hidrográficas, porque de esta manera se le da la oportunidad al medio ambiente de recuperarse de las alteraciones sufridas.

Prohibir la tala inmoderada de los bosques e impedir los incendios forestales de la región favorecería a la conservación de las peculiaridades de las cuencas de captación, por-

que la vegetación permite una mayor infiltración del agua en el suelo, reduce la brusquedad de los escurrimientos y detiene las partículas del suelo.

Es importante que el campesino tenga conocimiento sobre las normas que se deben seguir para proteger al suelo de la erosión hídrica porque los sedimentos cuando llegan a las corrientes de los ríos alteran la calidad del agua y de sus cuencas y llegan a limitar sus aprovechamientos.

El agua como recurso se utiliza de diferentes maneras y en algunas de ellas su aprovechamiento depende de las condiciones físicas del terreno por donde fluyen las corrientes.

El uso del agua potable tomada de las corrientes superficiales de la región de estudio, cada día se incrementa más porque mayor es el número de personas que requieren del servicio, debido al alto crecimiento de población y a la necesidad como parte de un país en proceso de desarrollo de mantener sanos a sus habitantes. A este respecto existe un aprovechamiento de 33 474 452 310 m³. sin embargo, por ser tomadas de las corrientes superficiales es importante que se realicen análisis periódicos de la calidad del agua de los ríos con el fin de que con el servicio se cumpla uno de los principales objetivos que es la salud de los usuarios, esta recomendación se hace dado el incremento de la polución de los escurrimientos.

La mayor parte donde se practica el riego se localiza al noroeste y norte de la región, allí donde las condiciones climáticas no son favorables para el desarrollo de una agricultura de alto rendimiento. Se ocupan para riego aproximadamente 48 844. 246 410 m³. de agua extraída de los ríos de la zona. Aquí es recomendable que el uso del agua se haga adecuadamente para impe-

dir el desperdicio ya que el exceso no solamente daña los cultivos sino también a los suelos cuyas partículas o residuos son arrastrados hasta los cauces, alterando sus características.

La navegación fluvial ha tenido poca importancia, seguramente por falta de planeación en los sistemas de transportes, pues como ya se vió en el tema correspondiente, existen posibilidades desde el punto de vista de las peculiaridades físicas del terreno para un buen desarrollo mediante obras de ingeniería y acondicionamiento, las cuales deben consistir principalmente en la remoción por medio del dragado de los bancos existentes en los cauces y la canalización de las barras con el fin de tener acceso al mar abierto; al mismo tiempo que se lleve a cabo un control de azolves que al sedimentarse reducen la profundidad de los ríos.

Es quizá conveniente una complementación de lo anteriormente dicho con la apertura de canales que unan los ríos navegables entre sí, siempre que las condiciones del terreno y las económicas lo permitan para poder integrar un verdadero sistema fluvial el cual pudiera al mismo tiempo estar complementado con los transportes terrestres para aproximar los centros de producción con los de consumo.

El agua para la industria es de uso múltiple de acuerdo con la variedad de productos que se elaboran en ella y a las necesidades que se requieren. Es posible afirmar que en este sentido algunos centros industriales no han dado al agua un aprovechamiento adecuado porque en escasos de ellos se hace una reutilización del recurso; por supuesto se exceptúan aquellos que requieren un alto grado de pureza, sin embargo volver a utilizar el agua es algo muy apropiado, no porque exista una esca-

sez del recurso, sino porque de esta forma se impide que los escurrimientos de los ríos se contaminen en las descargas de residuos industriales.

Los aprovechamientos hidroeléctricos que son de 80 397 923 514 m³. están determinados con las características topográficas, climatológicas y geológicas principalmente y a pesar del uso tan significativo que ya tiene en la región de estudio quedan en ella diversos lugares susceptibles de ser utilizados y donde ya algunos de ellos se encuentran en estudio por la Comisión Federal de Electricidad. Dentro de los diversos tipos de generación existentes hasta la fecha en esta zona, éste resulta ser el más económico una vez que se ha recuperado el capital invertido.

Es indudable que con la utilización del agua al respecto se alteran las condiciones del medio ambiente por las instalaciones que se llevan a cabo, más no se contamina el recurso como sucede con otros usos como el industrial, doméstico o navegación ya que el fluido que retorna a los cauces no sufre modificación alguna por lo que puede concluirse que es el paisaje en sí el que sufre cambios; por otro lado si se coteja con los otros tipos de generación, además de que estos contaminan el ambiente, agotan los recursos y resulta con el tiempo más costoso el fluido eléctrico.

Las características desde el punto de vista piscícola en o algunos casos, son satisfactorias para un buen desarrollo de esta actividad, no obstante en algunos lugares es frenada por la contaminación o estancada por el atraso técnico de las parras que la practican, por lo que es urgente que cambie esta situación si se quieren mejorar las condiciones nutricionales y

económicas de la población rural de la región de nuestro interés.

La presencia del agua en el panorama turístico de este lugar es importante porque existen numerosos sitios que pueden ser visitados por los paseantes, y aunque algunos de ellos no cuentan con las instalaciones adecuadas, le dan la oportunidad a los vacacionistas de estar en contacto con la naturaleza y al inversionistas poder establecerse en ellos.

Los recursos disponibles para los diferentes aprovechamientos tratados todavía son importantes en cantidad, pero sin embargo estos disminuyen a pasos agigantados lo que hace necesario hacer cada día un uso más consciente de ellos.

El problema más serio que afronta la región es la contaminación que como una consecuencia del uso a que se tiene destinado el recursos regresa a los cauces con un alto grado de sustancias tóxicas que causa fuertes estragos a la flora y a la fauna acuática y aún al hombre mismo.

En muchos casos el alto grado de polución ha impedido el uso del recurso, sobre todo, en la piscicultura, la industria y la dotación de agua potable a algunos centros de población.

Las recomendaciones para evitar la contaminación hídrica de las cuencas que aquí se tratan, pueden quedar resumidas desde tres puntos de vista:

- a) educacional. en el cual se engloban las campañas tendientes a orientar al público sobre el papel que representa el medio ambiente en la vida de todo ser humano y las consecuencias que ocasiona su descuido.

b) jurídico. Debido a la idiosincrasia de la población de la región y de algunas personas que la frecuentan, así como de determinados industriales, es preciso que por medio de la ley sean sometidos al orden para que se puedan preservar las características del ambiente hasta donde sea posible.

c) económico. Debido a la posibilidad de que muchos industriales no cuentan con el suficiente capital para dotar a sus establecimientos de instalaciones para el tratamiento de sus efluentes, es recomendable que se asocie a otros que cuenten con el mismo problema para que los resuelvan entre sí; o si el Estado cuenta con suficientes recursos económicos pueda tratar sus aguas servidas por una cuota adecuada en sus propias plantas, cuando éste cuente con ellas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alcorta Guerrero Ramón. Esquema Geografico de México. Atlas Caminos de México, Ed. Galas de México. México, 1964.
2. Alvarez Manuel. Geología de México. Fac. de Ingeniería, UNAM. México, 1970.
3. Asociación Nacional de Anunciantes, A.C. Calendario de Fiestas Religiosas, México, 1970.
4. Ayala Castañares. Síntesis de los Conocimientos sobre la Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Un Simposio. Instituto de Biología, UNAM. México, 1969.
5. Billings, W.D. Las Plantas y el Ecosistema. Ed. Herrero Hermanos y Sucesores, S.A. México, 1958.
6. Blasquez L. Luis. Hidrología de la Cuenca Superior de los Ríos Jamapa, Atoyac y una parte del Río Blanco. Anales del Instituto de Geología, Tomo XII. Instituto de Geología, UNAM. México, 1957.
7. Bonet Federico. Cuevas de la Sierra Madre Oriental en la región de Xilita. Rev. Espeleología Mexicana, Instituto de Geografía, UNAM, México, 1953.
8. Cano Vicario Ariel. Problemas de la Contaminación del Agua. Mesas Redondas sobre los Problemas del Agua en México. Instituto de Recursos Naturales Renovables. Ed. Cultura T. G. S.A. México, 1965
9. Cervantes Castro Daniel. Los Accesos Costeros en Problemas de Pesca. IV Congreso Nacional de Oceanografía. Ed. Galache, S.A. México, 1972.
10. Comisión Federal de Electricidad. Plantas Generadoras y Localidades con Servicio. México, 1972.
11. Cruz Orozco, Rodolfo. Sedimentología de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Tesis I.P.N. México, 1966.
12. Chávez Ernesto A. Notas Acerca de la Ictiología del Estuario del Río Tuxpan y sus Relaciones con la Temperatura y la Salinidad. IV Congreso Nacional de Oceanografía, Ed. Galache, S.A. México 1972.

13. Derruau Max. Geomorfología. Ed. Ariel, S.A. Barcelona, 1966.
14. Espinosa Vicente, E. El Agua en la Agricultura Mexicana. Mesas Redondas sobre los Problemas del Agua en México. Instituto de Recursos Naturales Renovables. Ed. Cultura T.G.S.A. México, 1965.
15. Fox Cyril S. El Agua. Ed. Omega, S.A. Barcelona, 1953.
16. Frank Bernard. La Historia del Agua como Historia del Hombre. El Agua. Ed. Herrero, S.A. México, 1966.
17. García A. Enriqueta. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, 1973.
18. García Sandoval, Sergio. Mortalidad Ostrícola en la Laguna de Tamiahua, Veracruz ocurrida en 1963. Tesis I.P.N. México, 1964.
19. George Pierre. Geografía de la Energía. Ed. Omega, S.A. Barcelona, 1952.
20. Guilcher André. Morfología Litoral y Submarina. Ed. Omega, S.A. Barcelona, 1967.
21. Harry Möller. El México Desconocido. Ed. Induve. México, 1973.
22. Hernández Corzo R. El Valor del Agua en Relación con la Fauna y la Recreación. Mesas Redondas sobre los Problemas del Agua en México. Ed. Cultura T.G.S.A. México, 1965.
23. Jones C. L. y Darkenwald G.G. Geografía Económica. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, 1971.
24. Kazmann Raphael G. Hidrología Moderna. Ed. Continental, S. A. México, 1969.
25. Lorente J. Ma. Meteorología. Ed. Labor, S. A. Madrid, 1966.
26. Maderey R. L. E. Balance Hidrológico de la Cuenca del Río Tizar, Durante el Período 1967-1968. Tesis, México, 1971.
27. Maderey R. L.E. Obtención de los Elementos Físicos que Influyen en el Régimen Hidrológico. Cuenca del Río Pabellón, Afluente del Río Aguascalientes. Rev. Recursos Hidrául.

licos Núm. 2. Vol. II. México, 1973.

28. Mendoza, F. R. y Ortíz, I.A. Apuntes sobre Vías Fluviales y Trabajos Marítimos, México 1941.
29. Morales, J. J. Contaminación en Orizaba. Rev. Técnica Pesquera Num. 21. Año II Sep. 25 1969. Ed. Mundo Marino. México, 1969.
30. Morales J.J. Entrevista sobre la Piscicultura en México.
31. Ocampo S. D. Canal Intracostero Mexicano. Secretaría de Marina.
32. Odum Eugene P. Ecología. Ed. Interamericana, S. A. México, 1972.
33. Ordoñez Ezequiel. Principales Provincias Geográficas y Geológicas de la República Mexicana, Instituto de Geología UNAM. México 1946.
34. Pons Ricardo. Curso sobre Criterios Económicos Fundamentales en el Planeamiento de Proyectos Integrales de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Fac. de Ingeniería Sanitaria. Universidad Nacional de Ingeniería. Organización Panamericana de la Salud. Lima 1964.
35. Ramírez Granados Principales Lugares para Practicar la Pesca Deportiva en Aguas Dulces, Salobres y Marinas de la República Mexicana. Trabajo de Divulgación. Vol. 4 Núm. 40 México, 1963.
36. Remenieras, G. Tratado de Hidrología Aplicada. Ed. Técnicos Asociados, S. A. Barcelona 1971.
37. Rufz de la Rosa J. M. Efectos de las Descargas de los Desechos del Ingenio. A las Aguas del Río Valles y su Influencia sobre la Vida Acuática. Tesis Escuela de Ciencias Químicas, U.A. de S.L.P. San Luis Potosí, 1968.
38. Schmiader O. Geografía de América Latina. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, 1965.
39. Secretaría de Agricultura de E.U.A. Manual de Conservación de Suelos. U. S. Government Printin Office. 1950.
40. Secretaría de Salubridad y Asistencia. S.M.A. Algunos Aspectos de la Contaminación del Río Coatzacoalcos, Veracruz. México 1974.

41. Secretaría de Recursos Hidráulicos. D.G.H. Boletín Hidrológico Núm. 18. Comisión del Papaloapan. México, 1970.
42. Secretaría de Recursos Hidráulicos B.G.H. Boletín Hidrológico Núm. 32. Región Hidrológica Núm. 26. Tomo I Bajo Río Pánuco excluyendo el Río Guayalejo Tomo II Bajo Río Pánuco cuenca del Río Guayalejo México 1968.
43. Secretaría de Recursos Hidráulicos. D.G.H. Boletín Hidrológico Núm. 37 Región Hidrológica Núm. 23 Río Coatzacoalcos México, 1969.
44. Secretaría de Recursos Hidráulicos D.G.H. Boletín Hidrológico Núm. 42 Región Hidrológica Núm. 27 Tuxpan-Nautla Tomos I, II y III México, 1969.
45. Secretaría de Recursos Hidráulicos D.G.H. Boletín Hidrológico Núm. 43 Región Hidrológica Núm. 28 Parcial Atoyac, Jamapa y La Antigua México, 1971.
46. Sánchez C. Francisco Perspectivas del Aprovechamiento y Exploración Racional de Lagunas Litorales. C.E.C.F.I.C. UNAM. México, 1972.
47. Tamayo Jorge L. Geografía General de México. Tomos I y II Ed. Libros de México, S.A. México, 1961.
48. Secretaría de Recursos Hidráulicos D.G.H. Boletín Hidrológico Núm. 44 Región Hidrológica Núm. 26 Alto Río Pánuco Cuenca del Río San Juan. Tomo I y II. México, 1971.
49. Secretaría de Recursos Hidráulicos D.G.H. Boletín Hidrológico Núm. 46 Región Hidrológica Núm. 26 Alto Río Pánuco Laguna de Metztlán. México, 1970.
50. Secretaría de Recursos Hidráulicos D.G.R. Características de los Distritos de Riego Tomo I. Zona Pacífico Norte, Norte Centro y Noreste. Tomo II Zonas Centro, Golfo de México y Sur México 1970.

51. Secretaría de Recursos Hidráulicos CHCVM.
Infiltración Artificial en la Cuenca del Valle de México.
México 1963.
52. Secretaría de Recursos Hidráulicos CHCVM.
Cuenca Hidrológica del Valle de México
Tomo I. México 1964.
53. Sevilla H. Ma. L. Guzmán del P. S.A. y Díaz C.A.
Nociones para el cultivo de la Lobina Negra
Trabajo de Divulgación Núm. 3. Vol. IV. SIC.
México 1962.
54. Sociedad Mexicana de Crédito Industrial
Estudio General sobre el Desarrollo Pesquero en México
México 1964.
55. Tamayo Jorge L. Los Recursos de Agua en México. Mesas Redondas
sobre los Problemas del Agua en México. Instituto de
Recursos Renovables. Ed. Cultura T.G. S.A. México, 1965.
56. Tapie Gómez Pablo, Estado Actual y Perspectivas de Producción
de Energía Eléctrica. Instituto de Recursos Naturales
Renovables. Ed. Cultura T.G.S.A. México, 1965.
57. Thornbury William D. Principios de Geomorfología. Ed. Keditorial
Kapelusz. Buenos Aires, 1960.
58. Universidad Veracruzana. I.C. Informe General. Estado de Veracruz
Tomos I y II.
59. Viers Georges. Geomorfología. Ediciones Oikostau, S.A.
Barcelona 1973.
60. Vivó Jorge A. Geografía de México. Ed. Fondo de Cultura Economica.
México 1946.
61. Vivó Jorge A. Geografía Física. Ed. Patria, S.A. México 1971.

MATERIAL CARTOGRAFICO

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS. D.G.P. MAPAS DE CARRETERAS.

NOMBRE	ESCALA	AÑO
Chiapas	1: 800 000	1973
Distrito Federal	1: 100 000	1973
Guanajuato	1: 400 000	1973
Hidalgo	1: 400 000	1973
México	1: 400 000	1973
Puebla	1: 600 000	1973
Querétaro	1: 400 000	1963
Tabasco	1: 600 000	1973
Tamaulipas		
Veracruz	1: 500 000	1973

Secretaría de la Presidencia. Instituto de Geografía UNAM. Carta de Climas. Escala 1: 500 000

Hoja	Nombre
14 Q - I	San Luis Potosí
14 Q - II	Tampico
14 Q - III	Querétaro
14 Q - IV	Pachucha
14 Q - V	México
14 Q - VI	Veracruz
14 Q - VIII	Oaxaca
14 R - VII	Monterrey
15 Q - V	Coatzacoalcos
15 Q - VII	Tuxtla Gutiérrez

Raisz Erwin. Carta Fisiográfica de la República Mexicana.

Departamento de Cartografía Militar.

Carta Topográfica de la República Mexicana. Escala 1: 500 000 1a. Ed.

Hojas	Nombre
14 Q- I	San Luis Potosí
14 Q - II	Tampico
14 Q - III	Querétaro
14 Q - IV	Pachuca
14 Q - V	México

Hojas	Nombre
14 Q - VI	Veracruz
14 Q - VIII	Oaxaca
14 R - VII	Monterrey
15 Q - V	Coatzacoalcos
15 Q - VII	Tuxtla Gutiérrez

Fuentes de Información

Secretaría de Recursos Hidráulicos Información Computada de Uso del Agua.

Secretaría de Recursos Hidráulicos. Datos Climatológicos.

Secretaría de Recursos Hidráulicos. Información de Contaminación

Servicio Meteorológico Nacional. Datos Climatológicos.

LUGARES CON USO DE AGUA POTABLE INDUSTRIAL Y PEQUEÑA IRRIGACION

No.	Nombre	No.	Nombre
1	Acajete, Ver.	41	Atzompa, Ver.
2	Acatlán, Ver.	42	Ajapuxco, Méx.
3	Acazochitlán, Hgo.	43	Ayapango, Méx.
4	Acolman, Méx.	44	Azcapotzalco, D.F.
5	Actopan, Hgo.	45	Banderilla, Ver.
6	Actopan, Ver.	46	Cadereyta, Qro.
7	Aculco, Méx.	47	Calcahualco, Ver.
8	Acultzingo, Ver.	48	Calpulalpan, Tlax.
9	Agua Blanca, Ver.	49	Caltepec, Pue.
10	Ahuazotepec, Pue.	50	Cañada San Antonio, Pue.
11	Ajacuba, Hgo.	51	Caldonal El, Hgo.
12	Ajalpan, Pue.	52	Carlos A. Carrillo, Ver.
13	Alfajayucan, Hgo.	53	Catemaco, Ver.
14	Almoloya, Hgo.	54	Cd. Fernández, S.L.P.
15	Altamira, Tamps.	55	Cd. Madero, Tamps.
16	Altepxi, Pue.	56	Cd. Mante, Tamps.
17	Alto Lucero, Ver.	57	Cd. Mendoza, Ver.
18	Altotonga, Ver.	58	Cd. Valles, S.L.P.
19	Alvarado, Ver.	59	Coacalco, Méx.
20	Amatitlán, Ver.	60	Coatepec, Ver.
21	Amatlán, Ver.	61	Coatzacoalcos, Ver.
22	Amealco, Qro.	62	Coatzintla, Ver.
23	Amecameca, Méx.	63	Coixtlahuaca, Oax.
24	Angel R. Cabadas, Ver.	64	Colipa, Ver.
25	Antigua, La, Ver.	65	Colón, Qro.
26	Antiguo Morelos, Tamps.	66	Córdoba, Ver.
27	Apan, Hgo.	67	Cosamaloapan, Ver.
28	Apaxco, Méx.	68	Coscomatepec, Ver.
29	Apazapan, Ver.	69	Cosalapa, Oax.
30	Aquismón, S.L.P.	70	Coxcatlán, Pue.
31	Aquixtla, Pue.	71	Coyame, Ver.
32	Arenal El, Pue.	72	Coyomespan, Pue.
33	Arroyo Seco, Qro.	73	Cuajimalpa, D.F.
34	Atempan, Pue.	74	Cuautempan, Pue.
35	Atenco, Méx.	75	Cuautepec, Hgo.
36	Atitalaquia, Hgo.	76	Cuautitlán, Méx.
37	Atotonilco El Grande, Hgo.	77	Cuetzalan, Pue.
38	Atotonilco Tula, Hgo.	78	Cuicatlán, Oax.
39	Atoyac, Ver.	79	Cuichapa, Ver.
40	Atzacan, Ver.	80	Cuitlahuac, Ver.

No.	Nombre	No.	Nombre
81	Cuyamealco, Oax.	124	Jalpan, Qro.
82	Chacaltianguis, Ver.	125	Jaltipan, Ver.
83	Chalco, Méx.	126	Jaltocan, Hgo.
84	Chapa de Mota, Méx.	127	Jayacatlán, Oax.
85	Chapantongo, Hgo.	128	Jilotepec, Méx.
86	Chiautla, Méx.	129	Jilotzingo, Méx.
87	Chiconcuac, Méx.	130	Juanave, S.L.P.
88	Chiconcuautla, Pue.	131	Juchique de Ferrer, Ver.
89	Chicotepec, Ver.	132	Juchitepec, Méx.
90	Chignahuapan, Pue.	133	Lagunillas, S.L.P.
91	Chilac, Pue.	134	Lázaro Cárdenas, Hgo.
92	Chilcuautla, Hgo.	135	Lerdo de Tejada, Ver.
93	Chilmahuacán, Méx.	136	Lolotlá, Hgo.
94	Chinampa de Gorostiza, Ver.	137	Loma Bonita, Oax.
95	Choapan, Oax.	138	Llera de Canales, Tamps.
96	Ecatepec de Morelos, Méx.	139	Magdalena Contreras, D.F.
97	Emiliano Zapata, Hgo.	140	Maltrata, Ver.
98	Ezequiel Montes, Qro.	141	Manlio Fabio Altamirano, Ver.
99	Fortín de las Flores, Ver.	142	Mariano Escobedo, Ver.
100	Gómez Farías, Tamps.	143	Martínez de la Torre, Ver.
101	González, Tamps.	144	Matías Romero, Oax.
102	Gutiérrez Zamora, Ver.	145	Mazatlán de Flores, Oax.
103	Hidalgo Yalalag, Oax.	146	Medellín, Ver.
104	Hidalgotitlán, Ver.	147	Melchor Ocampo, Méx.
105	Huasca, Hgo.	148	Metepec, Hgo.
106	Huatusco, Ver.	149	Metepec Atlixco, Pue.
107	Huauchinango, Pue.	150	Metzquititlán, Hgo.
108	Huehuetoca, Méx.	151	Metztitlán, Hgo.
109	Huejutla, Hgo.	152	México, D.F.
110	Hueyapan, Ver.	153	Minas Las, Ver.
111	Hueytamalco, Pue.	154	Minatitlán, Ver.
112	Huichapan, Hgo.	155	Mineral de la Reforma, Hgo.
113	Huiloapan, Ver.	156	Mineral Chico, Hgo.
114	Ixhuatlán, Ver.	157	Misantla, Ver.
115	Ixmiquilpan, Hgo.	158	Misión La, Hgo.
116	Ixtacamaxtitlán, Pue.	159	Mixquihuala, Hgo.
117	Ixtaczoquitlán, Pue.	160	Molango, Hgo.
118	Ixtapaluca, Méx.	161	Morelos Cañada, Pue.
119	Ixtlán de Juárez, Oax.	162	Naolinco, Ver.
120	Jacala, Hgo.	163	Naranjal, Ver.
121	Jalacingo, Ver.	164	Naucalpan de Juárez, Méx.
122	Jalapa, Ver.	165	Nautla, Ver.
123	Jalpan, Pue.	166	Nextlapan, Méx.

No.	Nombre	No.	Nombre
167	Nicolás Flores, Hgo.	212	Santiago de Anaya, Hgo.
168	Nicolás Romero, Méx.	213	Santiago Huaucuililla, Oax.
169	Nochitlán, Oax.	214	Santiago Miahuatlán, Pue.
170	Nogales, Ver.	215	Soledad Atzolapa, Ver.
171	Nuevo Morelos, Tamps.	216	Soledad de Doblado, Ver.
172	Ocampo, Tamps.	217	Soteapan, Ver.
173	Omealca, Ver.	218	Soyaniquilpan, Méx.
174	Omitlán, Hgo.	219	Tamalín, Ver.
175	Orizaba, Ver.	220	Tamasopo, S.L.P.
176	Orizatlán, Hgo.	221	Tamazunchale, S.L.P.
177	Otumba, Méx.	222	Tampamolón, S.L.P.
178	Ozuloama, Ver.	223	Tampico, Tamps.
179	Pachuca, Hgo.	224	Tampico Alto, Ver.
180	Pachuquilla La Reforma, Hgo.	225	Tamuín, S.L.P.
181	Palmillas, Tamps.	226	Tancoco, Ver.
182	Pantepec, Hgo.	227	Tantima, Ver.
183	Pánuco, Ver.	228	Tantoyuca, Ver.
184	Papalo Concepción, Oax.	229	Tasquillo, Hgo.
185	Papalo Reyes, Oax.	230	Tatatitla, Ver.
186	Papalotla, Ver.	231	Tecamac, Méx.
187	Paso de Ovejas, Ver.	232	Tecolutla, Ver.
188	Paso del Macho, Ver.	233	Tecomavaca, Oax.
189	Peñamiller, Qro.	234	Tecoautla, Hgo.
190	Pinal de Amoles, Qro.	235	Tehuacán, Pue.
191	Polotitlán, Méx.	236	Temamatla, Méx.
192	Poza Rica, Ver.	237	Tempache, Ver.
193	Progreso de Obregón, Hgo.	238	Temaxcalapa, Oax.
194	Progreso Industrial, Méx.	239	Tempoal, Ver.
195	Puente Nacional, Ver.	240	Tenango de Doris, Hgo.
196	Rayón, S.L.P.	241	Tenejapa, Ver.
197	Saltabarranca, Ver.	242	Teocelo, Ver.
198	San Agustín Tlaxiaca, Hgo.	243	Teotihuacan, Méx.
199	San Andrés Tuxtla, Ver.	244	Teotitlán del Camino, Oax.
200	San Antonio Nanahuatipan, Oax.	245	Tepeapulco, Hgo.
201	San Bartolo Morelos, Méx.	246	Tepeji del Río, Hgo.
202	San Gabriel Chilac, Pue.	247	Tepetitlán, Hgo.
203	San José Acateno, Pue.	248	Tepetlaxtoc, Méx.
204	San José Chiltepec, Oax.	249	Tepetzintla, Ver.
205	San José Miahuatlán, Pue.	250	Tepetzotlán, Méx.
206	San Marcos, Hgo.	251	Tequisquiác, Méx.
207	San Nicolás Tolentino, S.L.P.	252	Tequisquiapan, Qro.
208	San Salvador, Hgo.	253	Tequixtepec, Oax.
209	Santa Catarina, Gto.	254	Tetela de Ocampo, Pue.
210	Santa Catarina, S.L.P.	255	Teteles, Pue.
211	Santa María del Río, S.L.P.	256	Texcoco, Méx.

No.	Nombre	No.	Nombre
257	Teziutlán, Pue.	291	Xochitlán,
258	Tezontepec	292	Yanga, Ver.
259	Tezonapa, Ver.	293	Yaonáhuac, Pue.
260	Tezoyuca, Méx.	294	Yaveo, Oax.
261	Tierra Blanca, Ver.	295	Yecuautla, Ver.
262	Tierra Nueva, S.L.P.	296	Zacatlán, Pue.
263	Tihuatlán, Ver.	297	Zacualtipan, Hgo.
264	Tilapa, Méx.	298	Zapotitlán de las Salinas, Oax.
265	Tlacolulan, Ver.	299	Zapotitlán, Hgo.
266	Tlacotepec, Ver.	300	Zaragoza
267	Tlacotepec Plumas, Oax.	301	Zautla, Pue.
268	Tlahuac, D.F.	302	Zempoala, Hgo.
269	Tlalixcoyan, Ver.	303	Zihuatetla, Pue.
270	Tlalmanalco, Méx.	304	Zimapán, Pue.
271	Tlalnehuayocan, Ver.	305	Zongolica, Ver.
272	Tlalnepantla, Méx.	306	Zoquiapan, Pue.
273	Tlaxcoapan, Hgo.	307	Zumpango, Méx.
274	Tolcayucan, Hgo.		
275	Tolimán, Qro.		
276	Toxpatlán, Qro.		
277	Tula de Allende, Hgo.		
278	Tulancingo, Hgo.		
279	Tulantepec, Hgo.		
280	Tuxpan, Ver.		
281	Vega de Alatorre, Ver.		
282	Veracruz, Ver.		
283	Villa Cuauhtémoc, Ver.		
284	Villa del Carbón, Méx.		
285	Villa Obregón, D.F.		
286	Xico, Ver.		
287	Xicotencatl, Tamps.		
288	Xicotepec, Pue.		
289	Xiutetelco, Pue.		
290	Xochimilco, D.F.		

PRINCIPALES PRESAS LOCALIZADAS EN EL MAPA NUM.

NUM.	NOMBRE	CORRIENTE
1	Aguja, La	Río Mante
2	Ahualulco	Canal Alto
3	Alfajayucan	Río Alfajayucan
4	Alamo, El	Río Santa María
5	Antigua, La	Río La Antigua
6	Atexcaco	Arroyo Dos Ríos
7	Ayotla	Río Salado
8	Carrizo, El	Río Tecomavaca
9	Centenario	Río San Juan
10	Cero Canal Principal	Río Coscomate
11	Concepción	Río Tepetzotlán
12	Conejo, El	Río Guayalejo
13	Constitución de 1917	Río El Caracol
14	Corregidor Miguel Domínguez	Río Huimilpan
15	Copalillo	Río Comulco
16	Chichicaxtla	Río Zapotitlán
17	Danxhó	Río Coscomate
18	Debodhé	Río Actopan
19	De la Llave	Río San Juan
20	Dolores	Río Salado
21	Endó	Río Tula
22	Escobedo	Arroyo Seco
23	Esquitlán	Arroyo Hueyapan
24	Esperanza, La	Río Actopan
25	Esperanza, La	Río Chico
26	Flores	Río Salado
27	Gonzalo N. Santos	Río Santa María
28	Grande C.	Río Salado
29	Guadalupe	Río Cuautitlán
30	Huapango	Río San Juan
31	Huarada	Río San Juan
32	Ing. Valentín Gama	Arroyo El Molino
33	Jolalpa	Arroyo Calipan
34	Laguna	Arroyo Apaxtla
35	Lagillas, Las	Río Puerto
36	Lomo de Toro	Río San Juan
37	López Rayón	Río Tula
38	Llera	Río Guayalejo
39	Madero	Río Hondo
40	Mangos, Los	Arroyo Calipan

NUM	N O M B R E	C O R R I E N T E
41	Matamba	Río Grande
42	Mesilla	Río Chiflón
43	Michapan	Río Michapan
44	Miguel Alemán	Río Tonto
45	Molino, El	Río Arroyo Zarco
46	Molino, El	Río Tulancingo
47	Necaxa	Río Necaxa
48	Nexapa	Río Nexapa
49	Nadó	Río Prieto
50	Ojo Caliente	Río Santa María
51	Otapa	Río Otapa
52	Palos	Río San Juan
53	Reguena	Río Tula
54	Río Blanco	Río Blanco
55	Río Frío	Canal Alto
56	San Agustín	Río Comulco
57	San Antonio	Arroyo de Regla
58	San Fernando	Río Salado
59	San Ildefonso	Río Prieto
60	San José	Río San Juan
61	San Juanico	Río San Juan
62	San Rafael	Río Salado
63	San Salvador	Arroyo Las Granadas
64	Santa Anita	Río Atoyac
65	Santa Catarina	Arroyo La Arena
66	Santa Elena	Río Coscomate
67	Santa Rosa	Río Actopan
68	Soledad, La	Río Apulco
69	Soledad, La	Arroyo S. Ma. Zamorano
70	Tablas	Río Salado
71	Taxhimay	Río Tepeji
72	Tecolote, El	Río Tula
73	Tenango	Río Coacuila
74	Tepelmeme	Río Xiquila
75	Tetelilla	Arroyo Tetelilla
76	Tezoyo	Arroyo Tepozán
77	Tilapa	Río Tilapa
78	Tuxpango	Río Blanco
79	Vicente Aguirre	Río Alfajayucan

PRINCIPALES PLANTAS HIDROELECTRICAS LOCALIZADAS
EN EL MAPA NUM.

A Camilo Arriaga
B Cañada
C Coayunga
D Chilapan
E Dos Bocas
F Electroquímica
G Encanto, El
H Fernández Leal
I Huasuntlán
J Ixtaczoquitlán
K Juandó
L Mazatepec
LL Micos
M Minas
N Necaxa
O Patla
P Regla
Q San Sebastián
R Tlilán
S Temascal
T Tepexic
U Tetela de Ocampo
V Texcopa
W Texolo
X Trinidad
Y Tuxpango
Z Villalda

PRINCIPALES LUGARES DE DESARROLLO PISCICOLA LOCALIZADOS EN EL
MAPA NUM.

MUNICIPIO	ENTIDAD	LUGAR
a Acambay	Méx.	R. San Juan
b Agua Blanca	Hgo.	R. Potrerillos
c Catemaco	Ver.	Lago de Catemaco
d Huasca	Hgo.	Río M. Regla
e Huahuchinango	Pue.	Presa Necaxa
f Huayacocotla	Ver.	Río Vinazco
g Huixquilucan	Méx.	Río Hondo
h, Metepec	Hgo.	Arroyo Tortugas
i Meztitlán	Hgo.	Lago de Meztitlán
j Molango	Hgo.	Río Claro
k Naucalpan	Méx.	Presa El Sordo
l Nicolás Romero	Méx.	Río Monte Alto
m Nicolás Romero	Méx.	Presa Guadalupe
n Nogales	Ver.	Río Blanco
o Nopala	Hgo.	Presa Madero
p Ocampo	Tamps	Río Nacimiento
q Orizaba	Ver.	Río San Andrés
r Orizaba	Ver.	Río Xico
s Pedro Escobedo	Qro.	Río San Juan
t Río Verde	S.L.P.	Río Verde
u San Juan del Río	Qro.	Presa La Llave
v San Juan del Río	Qro.	Presa La Estancia
w Temazcal	Oax.	Presa Miguel Alemán
x Tequisquiapan	Qro.	Presa de Tablas
y Tequisquiapan	Qro.	Presa Centenario
z Tepeji del Río	Hgo.	Presa Taxhimay
A Tepeji del Río	Hgo.	Presa Requena
B Tepetitlán	Hgo.	Presa Endó
C Tepetzotlán	Méx.	Presa Concepción
D Teziutlán	Pue.	Río Chignahuapan
E Tlalnepantla	Méx.	
F Tianguistengo	Hgo.	Río Chinameca
G Tianguistengo	Hgo.	Río Cholocuato
H Tianguistengo	Hgo.	Río Miaxtla
I Villa Juárez	Tamps.	Río Mante
J Zacapoaxtla	Pue.	Río Apulco

DISTRITOS DE RIEGO LOCALIZADOS EN EL
MAPA NUM.

I	Actopan
II	Antigua, La
III	Arroyo Zarco
IV	Boticaria, La
V	Concepción, La
VI	Chiconcuautla
VII	Ixmiquilpan
VIII	Jilotepec
IX	Llera
X	Mante, El
XI	Metztitlán
XII	Rfo Blanco
XIII	Rfo Frfo
XIV	Pánuco
XV	San Juan del Rfo
XVI	Tetela de Ocampo
XVII	Tula
XVIII	Tulancingo
XIX	Xicotencatl