

CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DE LA VERTIENTE DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE VERACRUZ.

Por *Arturo Jiménez Román**

RESUMEN

En la primera parte de este trabajo se intenta ver cuáles son las causas más significativas que desde el punto de vista físico determinan las características de los ríos que cruzan el Estado de Veracruz. En la segunda se abordan los aprovechamientos de mayor importancia de los recursos hidrológicos dentro de la región. Por último, la tercera contiene algunos aspectos de contaminación hídrica en estas corrientes.

SUMMARY

In the first part of his study an attempt is made to see which are the more significative causes that, from the physical point of view, determine the features of the rivers that cross the State of Veracruz. In the second part are trying the more important profit of the hydrological resource into the region. Finally, the third part contains some aspects of water pollution in these currents.

INTRODUCCIÓN

Antes de abordar formalmente el presente trabajo, cabe indicar que parte de él fue utilizado por el autor, como tesis profesional para la obtención del grado de licenciado en Geografía, en la UNAM.

El propósito del trabajo es conocer los aspectos físicos que caracterizan a la red de drenaje de la región; como la fisiografía, el clima y algunas peculiaridades geomorfológicas influyentes en el comportamiento de su escurrimiento, en el aprovechamiento del recurso y las consecuencias del uso del agua.

El estudio se realiza a nivel de cuenca; por ende, se proyecta más allá de los límites políticos de la entidad veracruzana y comprende

partes de otras tales como: Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, México, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quéretaro, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas y Tlaxcala; con una extensión de 206 546 Km² en la que se incluyen todos los ríos que cruzan el Estado de Veracruz, que son: Pánuco, Tuxpan, Cazonas, Tecolutla, Nautla, La Antigua, Jamapa, Papaloapan, Coatzacoalcos, Tonalá, y embalses y corrientes de menor importancia localizados entre ellos.

El hecho de tal selección de cuencas se explica por sí solo en el título del trabajo; sin embargo, debido a que algunas sobrepasan los límites estatales, es necesario abordarlas en su totalidad, porque cada unidad presenta características propias.

Los diversos puntos que aquí se tratan son, en su primera parte, físicos; en segundo lugar

* Investigador del Instituto de Geografía de la UNAM.

se trata al agua como recurso, y en la tercera fase la contaminación de ésta.

La utilidad que representa este trabajo consiste en integrar y relacionar toda una serie de información y determinar algunos aspectos aún no considerados, que son importantes para la mejor planeación de los recursos hidráulicos de esta área.

I. ELEMENTOS FÍSICOS.

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

Por medio de la fisiografía se conocen las características físicas del terreno que participa en la distribución del drenaje y en el comportamiento del mismo, el cual, a su vez, está interrelacionado con las fluctuaciones climáticas existentes en cada unidad. Por otro lado, el agua, como uno de los principales agentes modeladores, labra formas que determinan en parte su régimen de escurrimiento.

La fisiografía

Las características más importantes de la red hidrográfica de una cuenca están constituidas por los aspectos fisiográficos del terreno que drenan.

El relieve delimita cada una de las cuencas de la región, influye en las variaciones climáticas, contribuye en el modelado de algunas formas, coadyuva en el mejor aprovechamiento del recurso, y en muchos casos interviene en la determinación de las características físicas, químicas y biológicas del agua.

Tomando en consideración la importancia de la fisiografía en el aspecto hidrográfico, la región en estudio se encuentra comprendida entre las siguientes unidades (Fig. 1):

1. *Llanura Costera del Golfo de México.* Se localiza al este y sureste del territorio nacional y constituye parte de la cuenca del Golfo de México. Su configuración es semejante a un huso muy irregular, con extremos amplios y su parte media considerablemente estrecha. La pendiente de esta llanura es muy escasa, decrece suavemente desde los doscientos metros hasta el nivel medio del mar y presenta en su superficie ondulaciones y elevaciones aisladas; algu-

nas de ellas son de origen volcánico, como los cerros La Paz, de La Dicha, Margarita, El Trueno, Potzotectitla, Zaragoza, El Pelón, Las Borrachas, etc. y la Sierra de Tantima.

La formación de esta llanura costera de levantamiento se inicia en el periodo cretácico y aún en la actualidad prosigue en proceso ascendente. Los materiales geológicos que la constituyen son de los periodos siguientes: a) paleoceno; b) eoceno de origen marino y continental; c) oligoceno de procedencia marina; d) mioceno de rocas de origen marino como calizas, lutitas, areniscas y arcillas; e) plioceno con rocas marinas y costero-aluviales no diferenciadas; f) pleistoceno y reciente con gravas, arenas, limos y arcillas; es decir, materiales de origen marino y costero-aluvial; g) cenozoico medio volcánico con lavas, brechas, tobas riolíticas y andesitas; h) cenozoico superior volcánico con rocas de origen ígneo, como andesitas, brechas y tobas basálticas¹ (Fig. 2).

2. *Sierra Madre Oriental.* Es un sistema montañoso que se prolonga desde el río Nazas—zona de contacto con la Sierra Madre Occidental—, hasta el Istmo de Tehuantepec. Los anticlinales que la forman que reciben nombres locales como sierras de Nicolás Pérez, Colmena, Tamaulipas, Potosina, Acultzingo, Nochixtlán, Zacapoaxtla, Zongolica, de Juárez, de los Mixes, etc. (Fig. 1), están separados por depresiones intermontanas (sinclinales) que en su parte norte son más amplias mientras que en el sur están más estrechas.

La geología superficial de este sistema está representada por un conjunto de materiales de los siguientes periodos (Fig. 2): a) triásico, con rocas calizas, esquistos, lutitas y argirinitas marinas; b) jurásico, con materiales de origen marino y continental; c) cretácico inferior, de rocas calizas, dolomitas, lutitas, margas y calizas margosas; d) cretácico superior, con materiales de origen marino y continental, de rocas calizas y margas; e) cenozoico superior volcánico, con lavas, brechas, tobas y andesitas; f) cenozoico superior clástico y terciario continental, de rocas clásticas y material aluvial y lacustre; es decir, rocas volcánicas con algunas calizas, yeso, turba y diatomita.²

¹ Instituto de Geología y Comité de la carta geológica de México. *Carta geológica de la República Mexicana.* México, 1956.

² *Idem.*

3. *Istmo de Tehuantepec*. Se localiza en la parte más estrecha de la República Mexicana; presenta la forma de una depresión que aumenta de altitud de norte a sur, hasta los 600 m en la Sierra Atravesada o de Niltpec y nuevamente decrece hacia el sur, hasta la costa del Océano Pacífico.

El Istmo de Tehuantepec emergió durante el terciario superior y cuaternario inferior y su geología superficial corresponde a los períodos siguientes (Fig. 2): *a*) paleozoico, con rocas metamórficas como esquistos, filitas, mármol, rocas volcánicas foliadas y graníticas intrusivas; *b*) triásico de origen marino y continental; *c*) cretácico de origen marino y continental; *d*) mioceno, de origen marino; *e*) oligoceno, de origen marino; *f*) pleistoceno y reciente, de materiales marino y costero-aluvial, con gravas, arenas y limos.³

4. *Región montañosa y de mesetas del norte de Chiapas*. Esta región está formada por plegamientos, aunque existen ciertos edificios volcánicos como el Zontéhuatz, San Bartolomé, Hueytepec, Chichón, etc., algunos de los cuales están sujetos a procesos erosivos que han dado lugar a la formación de mesetas y depresiones intermontanas cerradas que impiden el escurrimiento y forman pequeños lagos.

El material geológico de esta zona está representado por: *a*) rocas sedimentarias de origen marino y continental del cretácico y el eoceno; *b*) rocas de origen volcánico, con lavas, brechas, tobas, andesitas y riolitas del cenozoico medio y superior⁴ (Fig. 2).

5. *Sierra Volcánica Transversal*. Este sistema montañoso atraviesa el territorio nacional, de este a oeste, a la latitud de 19° norte; los elementos que lo constituyen datan del período cretácico superior, entre los cuales están los más significativos edificios volcánicos de esta región: Pico de Orizaba, Iztaccíhuatl, Popocatepétl y Cofre de Perote (Fig. 1).

La acumulación de material volcánico formó algunas cuencas cerradas como la del Valle de México y Metztlán que actualmente drenan artificialmente a la cuenca del río Panuco; dichos materiales pertenecen al: *a*) cenozoico medio volcánico, con derrames de lava, brechas y tobas de composición variable; de basalto a riolita, y material piroclástico; *b*) cenozoico su-

perior volcánico, con rocas clásticas, de origen aluvial y lacustre; *c*) pleistoceno y reciente, con arenas, limos y arcillas de origen marino y costero aluvial.⁵

6. *Altiplanicie Mexicana*. Este elemento fisiográfico es muy amplio y se encuentra localizado entre las Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental y la Sierra Volcánica Transversal. Su mayor altitud está en el sur y decrece en forma escalonada hacia el norte; su superficie es de topografía accidentada, con alterancia de depresiones y serranías.

Los materiales geológicos que cubren el actual subsuelo rocoso y plegado de la altiplanicie, en la parte que comprende este estudio se caracteriza por tener diversas edades como (Fig. 2): *a*) mesozoico no diferenciado, con calizas, lutitas y rocas clásticas; *b*) cretácico inferior de origen marino y continental, con rocas calizas y volcánicas; *c*) cenozoico medio volcánico, con derrames de lava, brechas y tobas de composición variable a riolitas; *d*) cenozoico superior clástico y volcánico de origen continental, con lavas, brechas y tobas basálticas y andesíticas.⁶

El clima

El clima es un factor primordial en los estudios hidrológicos, y los dos elementos más importantes que lo forman, la temperatura y la precipitación, juegan un papel muy significativo por ser los más indispensables para su clasificación.

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

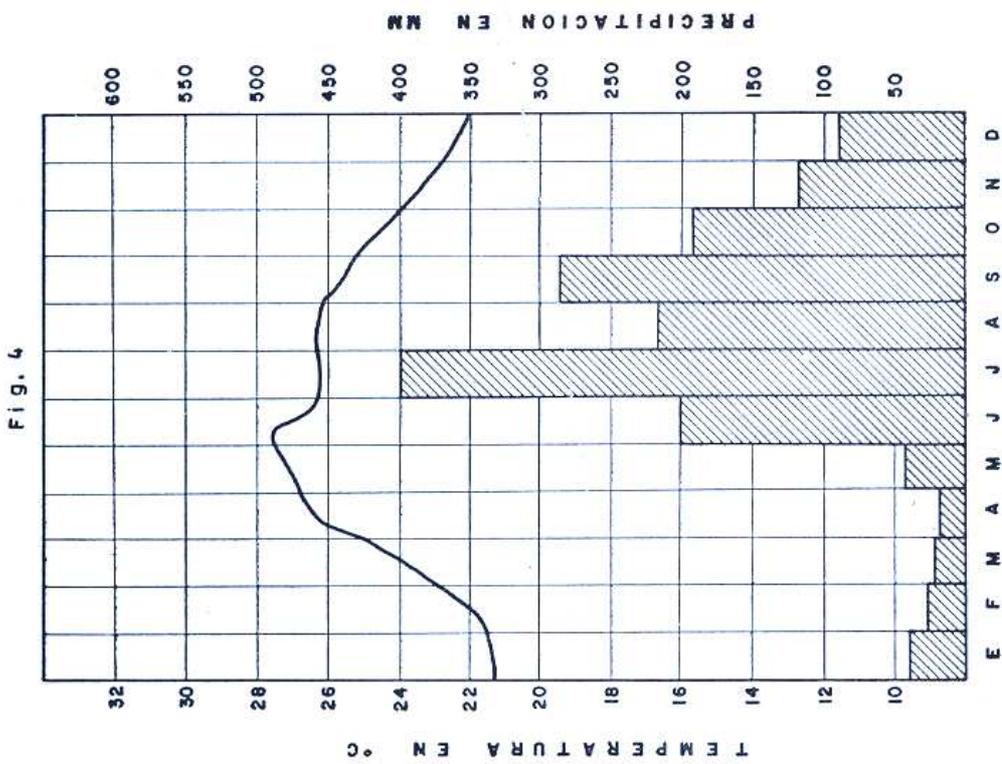
1. La temperatura. La región en estudio queda comprendida en la zona intertropical, en donde la marcha anual de la temperatura presenta dos máximos debidos al doble paso del Sol por el cenit. En las figuras 3 y 4 se observa lo antes mencionado; es decir, en la figura 3 estas variaciones son muy marcadas, mientras que en la 4 el segundo paso se insinúa. Aprovechando las mismas gráficas como representati-

³ *Idem.*

⁴ *Idem.*

⁵ *Idem.*

⁶ *Idem.*

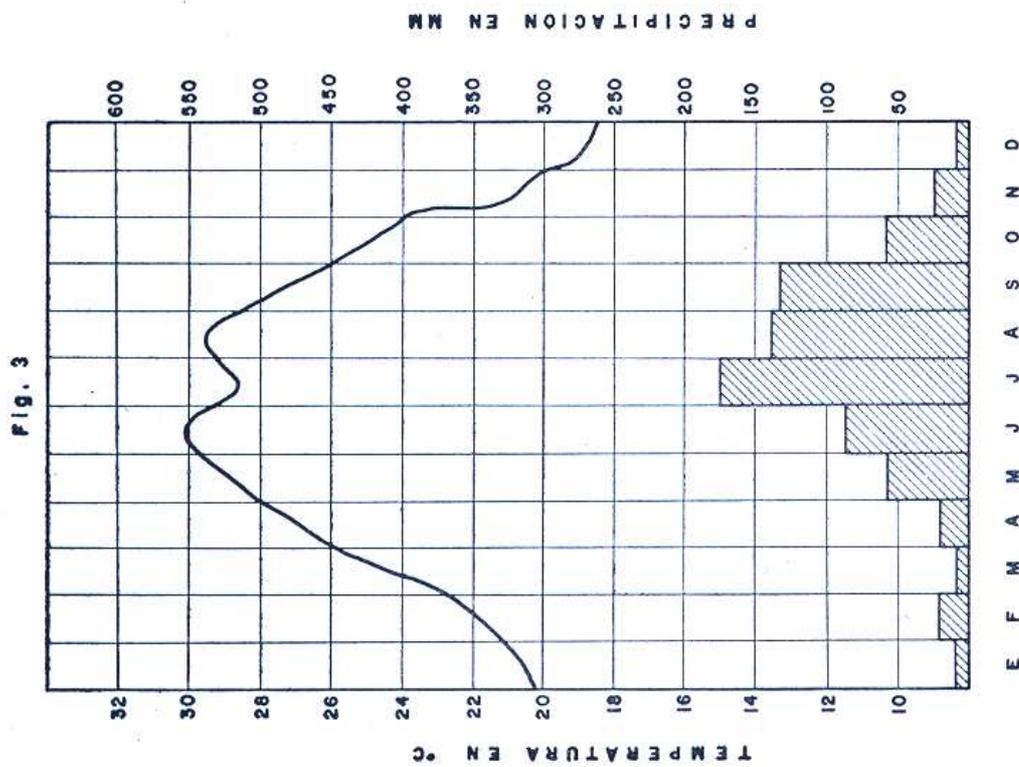


ESTACION CLIMATOLOGICA HUAZUNTLAN

Fuente: Según datos del S.M.N.

Investigó: A. Jiménez R.

Fig. 4. Gráfica. Estación Huazuntlan.



ESTACION CLIMATOLOGICA SACA DE AGUA

Fuente: Según datos del S.M.N.

Investigó: A. Jiménez R.

Fig. 3. Gráfica. Estación Saca de Agua.

vas de la región, en su régimen termométrico se aprecia que las temperaturas más altas son en el verano; es decir, en el mes de junio, y las más bajas en el invierno, en los meses de diciembre y enero, mientras que la primavera y el otoño representan las estaciones de transición del año.

En cuanto a la temperatura media anual, en la carta de isotermas (Fig. 5) se observa que la temperatura decrece hacia el oeste, como resultado de la altitud del terreno correspondiente a la Sierra Madre Oriental y la Sierra Volcánica Transversal, en comparación con las que se registran en la llanura costera del Golfo de México. De las estaciones utilizadas para el trazo de las isotermas, la temperatura mínima media anual se registra en la estación El Zarco y la máxima en la estación Llera, localizadas a 1400 m. s. n. m. en la Sierra Volcánica Transversal, y los 290 m. s. n. m. en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, respectivamente.

2. La precipitación. Es necesario hacer hincapié en que la precipitación es el elemento climático más importante para los estudios de hidrología, porque su variación en el terreno y en el tiempo se hacen notorios en los escurrimientos de los ríos.

En párrafos anteriores se mencionó que, la situación geográfica de la región en estudio se localiza dentro de la zona intertropical, lo que significa que está influida por los vientos alisios que soplan de noreste a sureste sobre la región en cuestión; esto tiene importancia porque de esta manera la circulación general de la atmósfera interviene en los elementos climáticos.

Durante el verano y el otoño, generalmente se originan en los mares Caribe y de las Antillas, así como en el Golfo de México, ciclones tropicales que tienen la propiedad de desplazarse casi siempre de este a oeste, interponiéndose a su paso parte de la región que nos ocupa, especialmente el norte de Veracruz y sur de Tamaulipas, donde descargan su humedad.

Las lluvias invernales son producto de las masas de aire continental modificado que penetran al territorio nacional por su parte norte y que al desplazarse sobre el Golfo de México absorbe humedad que posteriormente es precipitada. Estas masas de aire dan lugar a fuertes vientos a los que se les denomina "nortes", por su procedencia, los cuales son muy comunes en las costas del golfo mencionado.

La orientación de norte a sur —paralela a la costa— de la Sierra Madre Oriental favorece el origen de las lluvias orográficas, ya que actúa como una barrera que impide el paso de los vientos alisios, los ciclones tropicales y las masas de aire polar, los cuales se ven obligados a remontar sus laderas y al hacerlo se enfrían adiabáticamente, y al efectuarse la coalescencia precipitan su humedad. Cuando estas masas de aire desprenden su humedad la dejan caer en forma de lluvia en el lado de barlovento, pero 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 el mapa de isoyetas (Fig. 6).

No debe dejar de mencionarse la relevancia de los movimientos verticales que sufren las masas de aire, que por contacto con el suelo se calientan y ascienden; si éstas cuentan con humedad suficiente se forman nubes, principalmente cúmulos, cuando alcanzan su nivel de condensación, y si continúan elevándose encontrarán temperaturas más bajas y pueden originar fuertes chubascos acompañados de descargas eléctricas y turbulencia. Este tipo de lluvias recibe el nombre de convectivas y se presentan por las tardes o noches del verano en el área en estudio.

La variación pluviométrica anual también puede apreciarse en las figuras 3 y 4, en las que se observa un período húmedo en el verano y comienzos del otoño, que resulta ser el más significativo en comparación con el resto del año.

Al conjugar los elementos mencionados se llega al conocimiento del clima de la región, para lo cual se adoptó como base la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García, adaptada según las condiciones particulares de la República Mexicana.

En la región se localiza toda una gama climatológica que, en relación con su temperatura, va del cálido al frío y del lluvioso al seco en cuanto a su humedad; dicho en otras palabras, tipos de climas de cuatro zonas climáticas (Fig. 7):

Grupo A, representado por los cálido-húmedos, con temperatura del mes más frío mayor de 18° C., con diversos regímenes de lluvia: es decir: Af(m), Am y Aw, este último con diferentes niveles de humedad. Este grupo de climas se localiza en su mayor parte en la llanura cos-

tera del Golfo de México y su grado de humedad aumentó desde la costa a las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, por las causas señaladas en el tema referente a la precipitación; sin embargo, los climas más húmedos se encuentran en el sureste de la región.

Grupo B, seco; se distinguen dos subtipos: BS y BW. El clima BS es intermedio, por su localización, del muy árido BW y los húmedos A o C. Por su régimen térmico y pluviométrico se localizan los siguientes: BS₀hw, BS₀(h')hw, BS₀(h')w, BS₀kw, BS₁(h')w, BS₁kw. Del subtipo BW sólo existe en el área en estudio el BWhw.

El grupo de climas secos es común en la parte sur de la Altiplanicie Mexicana, el declive oeste de la Sierra Madre Oriental y la cuenca alta del río Papaloapan, donde la influencia de los vientos húmedos del océano es menor. Por otra parte, el clima BW se encuentra rodeado por el BS que, como ya se señaló, es menos húmedo.

Grupo C, climas templados con temperaturas del mes más frío entre -3° y 18°C. Presenta los siguientes subgrupos de acuerdo con las variaciones de la precipitación: C(fm), C(m)b, C(m)w, C(w₀), C(w₁) y C(w₂).

Los climas templados arriba mencionados se localizan en las zonas altas de la Sierra Madre Oriental y de altitud media de la Sierra Volcánica Transversal. Las bajas temperaturas

registradas son debidas a la altitud del terreno y las precipitaciones a los vientos húmedos del mar que descargan en sus laderas.

Grupo E, climas fríos con temperatura del mes más caliente inferior a 6.5° C, del que existen el EFH y ETH.

El clima anterior ocupa áreas muy reducidas correspondientes a los volcanes: Pico de Orizaba, Popocatepetl, Cofre de Perote e Iztaccíhuatl. El subgrupo A se presenta con la variante A(C)(w₂), y del (A)C existen en la región los (A)C(m), (A)C(fm)a, (A)C(fm)b, (A)C(fm)w, (A)C(w₀), (A)C(w₁) y (A)C(w₂).

Los tipos de climas antes descritos constituyen un subgrupo de transición entre los cálidos y los templados, de ahí que se les considere semicálidos. Su localización dentro de la región en estudio es principalmente en los declives de la Sierra Madre Oriental.

Las cuencas hidrográficas.

Las cuencas hidrográficas son zonas de tamaño variable de la superficie terrestre, con un sistema de corrientes que dependen de las características fisiográficas y climatológicas principalmente.

La topografía es un elemento muy significativo porque, además de intervenir como factor

T A B L A I

Nombre	Área (7) en km	% del área en estudio
CUENCA DE RÍO PÁNUCO (Se incluye el Valle de México)	94 556	46.0922
ZONA NÚM. 1.	39	00.0175
ZONA NÚM. 2.	358	00.1745
ISLAS DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA (El Ídolo, Juana Ramírez, El Toro, Burros y Pájaros).	83	00.0404
EMBALSE DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA.	791	00.3855
ZONA NÚM. 3 (el más importante es el estero de Carvajal).	348	00.1696
CUENCA DEL ESTERO DE CUCHARAS	714	00.3480
ZONA NÚM. 4.	203	00.0989
CUENCA DEL RÍO TANCOCHÍN	610	00.2973
ZONA NÚM. 5.	178	00.8670
ZONA NÚM. 6 (entre los cuales están los esteros de Milpas y San Lorenzo)	281	00.1369
CUENCA DEL ESTERO DEL CORRAL	386	00.1881

TABLA I (Continuación)

Nombre	Área (7) en km	% del área en estudio
ZONA NÚM. 7 (incluye el estero del Angosto y la laguna de Tampamachoco)	177	00.0862
CUENCA DEL RÍO TUXPAN	5 899	02.8755
ZONA NÚM. 8 (también se localizan el río Tecoxtempan y el arroyo J. González)	451	00.2198
CUENCA DEL RÍO CAZONES	2 688	01.3102
ZONA NÚM. 9 (figura principalmente el arroyo Puente de Piedra)	83	00.0404
CUENCA DEL RÍO TENIXTEPEC	311	00.1516
ZONA NÚM. 10 (sobresalen los arroyos Palo Blanco y Boca de Enmedio y el estero de Boca de Lima)	219	00.1052
CUENCA DEL RÍO TECOLUTLA	7 903	03.8523
ZONA NÚM. 11	2	00.0009
CUENCA DEL ARROYO SOLTEROS	569	00.2773
ZONA NÚM. 12	13	00.0063
CUENCA DEL RÍO NAUTLA	2 785	01.3575
ZONA NÚM. 13	3	00.0014
CUENCA DEL RÍO MISANTLA	600	00.2924
ZONA NÚM. 14	34	00.0165
CUENCA DEL RÍO COLIPA	165	00.0804
ZONA NÚM. 15	45	00.0219
CUENCA DEL RÍO JUCHIQUE	165	00.0804
ZONA NÚM. 16	89	00.0433
CUENCA DEL RÍO SANTA ANA	179	00.0872
ZONA NÚM. 17	124	00.0604
CUENCA DEL RÍO BARRANCA HERNÁNDEZ	140	00.0682
ZONA NÚM. 18	5	00.0024
ZONA NÚM. 19 (arroyos Limón y Baños Calientes y la Laguna del Camarón)	252	00.1228
CUENCA DEL RÍO PAJARITOS	226	00.1101
ZONA NÚM. 20	42	00.0204
CUENCA DEL RÍO ACTOPAN	2 001	00.9754
ZONA NÚM. 21	19	00.0092
CUENCA DEL RÍO LA ANTIGUA	2 827	01.3780
ZONA NÚM. 22 (Río San Francisco y laguna de San Julián)	692	00.3373
CUENCA DEL RÍO JAMAPA	3 912	01.9074
ZONA NÚM. 23	62	00.0302
CUENCA DEL RÍO PAPALOAPAN	46 617	22.6751
ZONA NÚM. 24	1 475	00.7185
CUENCA DE LA LAGUNA DEL OSTIÓN	219	00.1067
ZONA NÚM. 25	25	00.0121
CUENCA DEL RÍO COATZACOALCOS	21 019	10.2810
ZONA NÚM. 26	123	00.0599
CUENCA DEL RÍO TONALÁ	5 679	02.7682
TOTAL DE LA REGIÓN	206 557	100.0000

⁷ Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección de Hidrología, *Boletín hidrológico núm. 32*, México, 1968 Tomo II, Cap. VI, p. 01-05.

Boletín hidrológico núm. 42, México, 1971, Tomo I, Cap. IV, p. 01-35.

Boletín hidrológico núm. 43, México, 1971, Cap. VI, p. 1-7.

Boletín hidrológico núm. 37, México, 1969, Cap. V, p. 1-18.

climático, también proporciona la pendiente necesaria para la circulación del fluido y, en muchos casos, el divorcio de aguas que da lugar a la delimitación de las cuencas o subcuencas fluviales.

La determinación de la divisoria de un escurrimiento o parte de él es importante porque sirve de base para la obtención de algunos aspectos como magnitud, forma, pendiente media y otras peculiaridades que intervienen en su comportamiento.

Con el trazado de los porteaguas de las corrientes más significativas de la región se delimitaron sus cuencas; para esto se utilizó un mapa topográfico a escala 1:500 000,⁸ cuyas áreas y porcentajes de las mismas en relación con todo el conjunto se concentran en el cuadro 1, el cual es una referencia para su localización en él (Fig. 8); con los datos de este cuadro se diseñó el histograma de superficies (Fig. 9) en los cuales se aprecia la gran variabilidad de tamaños, formas y su distribución. En algunos casos, como cuando las corrientes y los cuerpos de agua son muy pequeños, se agruparon en zonas a las que se les asignó un número con el cual aparecen en el citado mapa (Tabla I).

Es indudable que en la distribución, tamaños y formas de las cuencas mencionadas, los elementos fisiográficos juegan un papel importante. Las áreas drenadas más significativas se localizan en los extremos de la región —ríos Pánuco en el norte y Papaloapan y Coatzacoalcos en el sureste—, como consecuencia del mayor alejamiento de la costa, del sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental y, por ende, de la ampliación de la llanura costera del Golfo de México, a diferencia de las más pequeñas ubicadas en la parte central, porque así lo determinan las condiciones topográficas de la Sierra Volcánica Transversal al aproximarse al litoral; excepto la cuenca del río Tonalá que se encuentra comprendida en el Istmo de Tehuantepec.

La mayor parte de estas unidades presenta una forma alargada, excluyendo las cuencas de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Pánuco que a simple vista tienen tendencia a ser circulares.

⁸ Comisión Intersecretarial Coordinadora del Levantamiento de la Carta Geográfica de la República Mexicana, *Mapa topográfico*. México, 1958.

El régimen hidrológico

El agua, en la naturaleza, se comporta de diferentes maneras porque obedece 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 en estudio existe instalada una serie de estaciones hidrométricas que proporcionan información, la cual sirve de base para la planeación de diferentes obras hidráulicas y económicas destinadas al mejor y mayor aprovechamiento de este recurso.

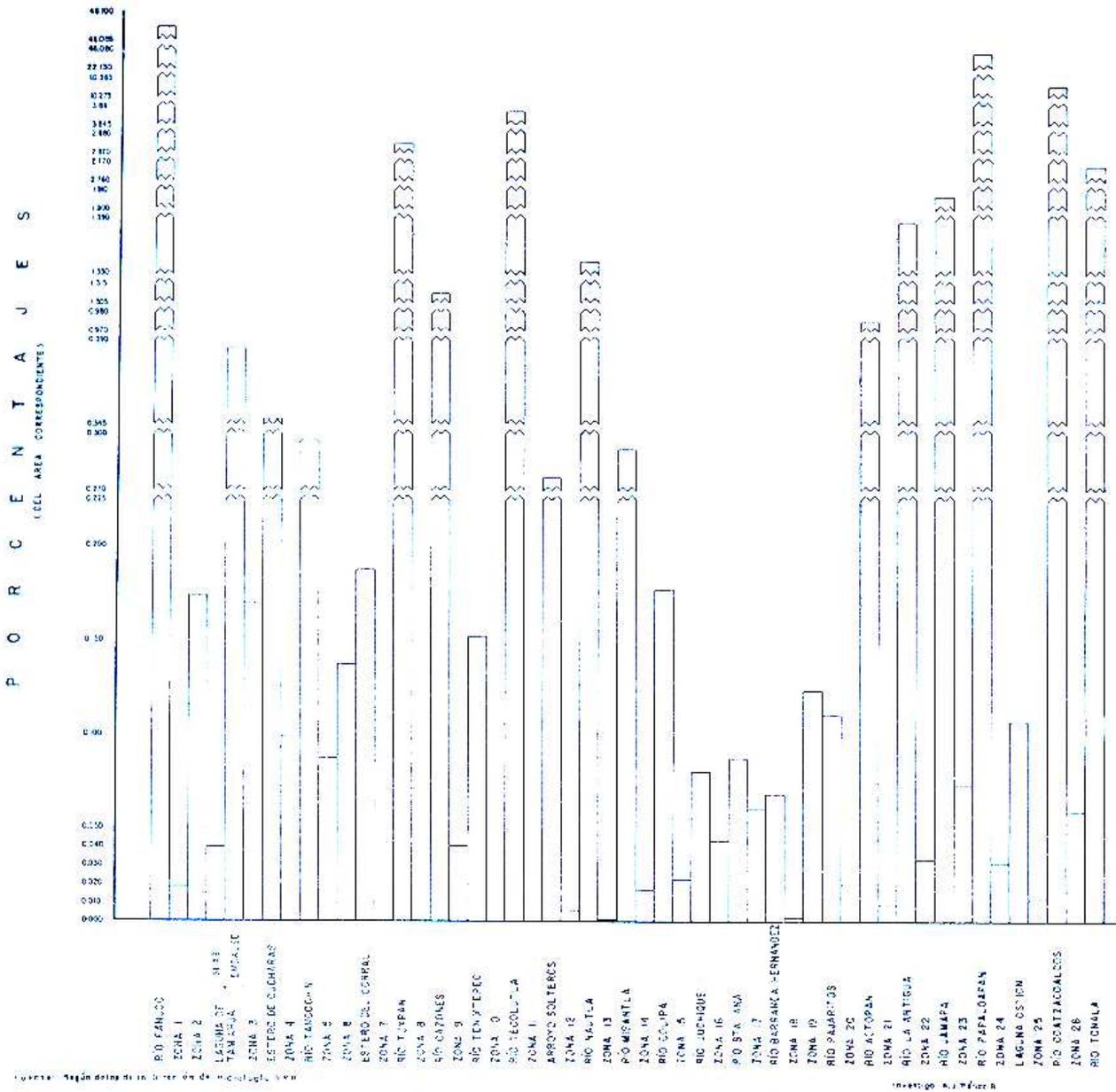
a) Generalidades que afectan al régimen hidrológico. En el tema concerniente a la climatología se hizo notar la dependencia que de la precipitación tiene el agua que fluye por los cauces; estos volúmenes aumentan a medida que se generalizan las lluvias durante el verano. Sin embargo, no toda el agua precipitada permanece o circula por los cauces, sino que una parte se evapora y otra más se infiltra en el suelo antes de que empiece el escurrimiento superficial o, una vez iniciado éste, pasará a los estratos inferiores del terreno, cuando a su paso encuentre rocas fisuradas, superficies permeables 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 recorriendo subterráneamente 6 km, para, posteriormente, seguir superficialmente.⁹

En el sureste de la cuenca del río Pánuco, existen zonas específicas de infiltración natural a través de rocas fisuradas de origen calcáreo, al mismo tiempo que éstas son diluidas dando lugar a un escurrimiento criptorreico.

En algunas ocasiones, parte de las aguas superficiales son desviadas de sus cursos normales por el hombre, hacia las áreas de recarga, con el fin de infiltrarlas y aumentar las reservas o mejorar las condiciones del subsuelo. En este sentido, existen en el territorio na-

⁹ Blásquez L. Luis, "Hidrología de la cuenca superior de los ríos Jamapa y una parte del río Blanco". *Anales del Instituto de Geología*, UNAM, México, 1957, p. 23-24.



cional dos zonas importantes, una en la ciudad de Guadalajara y otra en el Valle de México.

La primera queda excluida por localizarse fuera de la región: en relación con la segunda, existen varios lugares como el de los arroyales del volcán Xitle, donde los escurrimientos del río Es lava son infiltrados; careciéndose de información sobre sus volúmenes. En el curso del río Magdalena, próximo al Pedregal, hay dos desviaciones hacia las rocas fracturadas de

origen volcánico: el Canal de Desviación Alta y el Canal de Desviación Baja del Pedregal; por ambos se han introducido 73.5 y 34.5 millones de metros cúbicos, en un periodo de 16 y 7 años respectivamente.¹⁹

¹⁹ Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, *Infiltración artificial en la cuenca del Valle de México*, México, 1963, p. 7-9.

Además de los lugares mencionados, hay tres pozos de absorción ubicados después de la presa Mixcoac, destinados a la infiltración de las aguas de este río, por donde se han llegado a introducir 12 millones de metros cúbicos, de 1956 a 1958.¹¹

Otro de estos lugares lo constituye el "sumidero", localizado en el aeropuerto de la ciudad de Pachuca, en el que se infiltran las aguas negras de esta ciudad, sin que se tenga conocimiento de los volúmenes introducidos.

Como es sabido, parte del agua precipitada, y posteriormente infiltrada, cuando aflora lo hace en forma de manantiales que en muchos casos alimentan los ríos; los ejemplos más comunes se localizan al noroeste de la cuenca del río Pánuco: La Media Luna, Antejitos, y otros menos conocidos; también son frecuentes en la cuenca del Valle de México y en las cuencas altas de los ríos Jamapa, Tecolutla, Nautla y Papaloapan, cuyas zonas de recarga posiblemente se encuentran en las montañas circundantes, en las que las lluvias orográficas y la geología del terreno ofrecen condiciones propicias.

El relieve no solamente modifica las condiciones climáticas, sino que, a medida que su pendiente es más brusca el agua se desaloja más rápidamente y, por tanto, ocasiona escurrimientos repentinos y masivos de gran peligro para las zonas aledañas, sobre todo cuando las lluvias son intensas.

La mayor parte de las cuencas de la región presentan en sus partes altas topografía muy accidentada, por ende, los escurrimientos son violentos, pero su velocidad disminuye conforme se aproximan a la llanura costera, porque su pendiente se suaviza.

Cuando estas dos características son muy marcadas en una sola cuenca, como en las de los ríos Papaloapan y Pánuco, dan lugar a grandes y periódicas inundaciones, porque el agua que desciende no es oportunamente desalojada e invade los terrenos más bajos.

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

Por otra parte, los ríos Coatzacoalcos y Tonala cuentan con escasas pendientes en las

áreas de sus cuencas, pero la influencia de las intensas precipitaciones y la lentitud del desplazamiento de sus aguas propician el cubrimiento de extensas zonas de topografía reducida.

Debe hacerse notar que, las obras hidráulicas diseñadas y ejecutadas por el hombre se ven seriamente afectadas por los sedimentos transportados por las corrientes y depositados en aquéllas; esto es, cuando se acumulan los sólidos las posibilidades de control, almacenamiento o derivación de las aguas se reduce poco a poco; pero por ser estos materiales de carácter erosivo se tratará más ampliamente en la parte siguiente.

b) Comportamiento hidrológico. Para el análisis del comportamiento hidrológico de la región se han incluido todas las estaciones hidrométricas que tienen un período continuo de diez años o más, y la información proporcionada por éstas es representativa exclusivamente de cada cuenca o subcuenca en la que se encuentre instalada, pues los parámetros influyentes son específicos de cada unidad o parte de ella; es decir, las variaciones climatológicas, topográficas, de forma y superficie, son distintas en cada caso.

En el examen de los hidrogramas de las figuras 10, 11 y 12 se observa que, en aquellas zonas donde el clima es húmedo durante los primeros meses del año, existen importantes escurrimientos, no así en los que la sequía los nulifica; esto se aprecia en las gráficas de las estaciones hidrométricas del norte de la cuenca del río Pánuco y en la parte alta del río Papaloapan en donde los climas son secos, en contraste con los de toda la región, salvo algunas excepciones.

En otros lugares donde las precipitaciones son más o menos constantes durante todo el año, se presentan con mayor uniformidad en el régimen que miden las estaciones Actopan, Ángel 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 que incrementan los volúmenes, sobre todo en el estiaje. Infortunadamente se cuenta con una información muy incipiente al respecto, pues sólo se tiene conocimiento de algunos existentes en la cuenca del río Pánuco, que influyen en sus afluentes, subafluentes y sub-subafluentes, como los ríos: Nacimiento, Poza Azul, Mante, Valles, Gallinas,

¹¹ *Idem.* p. 14-25.

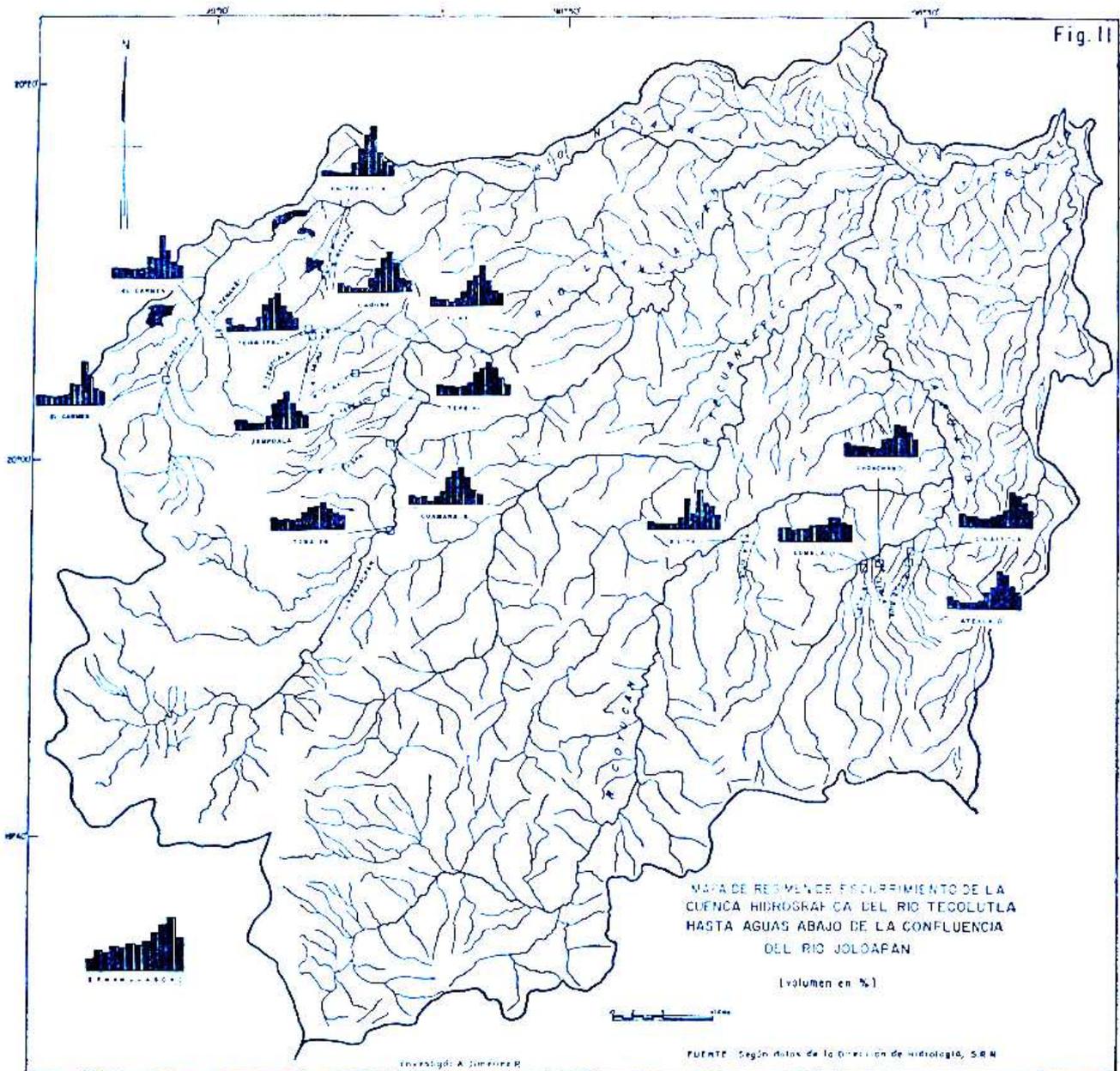


Fig. 11. Mapa de régimen de escurrimiento, Cuenca hidrográfica del río Tecolutla hasta aguas abajo de la confluencia del río Joolapan.

Viejo, Axlla, Choy, Coy y Verde; sin embargo, el hecho de que en algunos de ellos no se manifiesten en sus gráficas, se debe a que están afectados por aprovechamientos aguas arriba.

Las obras de ingeniería también influyen en el régimen hidrológico de las corrientes, ya que almacenan, retienen o desvían el agua en determinados puntos de su recorrido, alterando, de este modo, su flujo original (Tabla II).

Merecen mencionarse, por separado, los registros de las estaciones Huahuatoca, Tajo de

Tequisquiac y Nuevo Pínel de Tequisquiac, porque sus escurrimientos presentan un control; aun así, reflejan mayor porcentaje de volúmenes desahogados durante el verano; la estación del año de mayor precipitación en la zona; estas cantidades que reportan las estaciones citadas no son representativas de los escurrimientos del Valle de México, porque por estos lugares son expulsadas, además, las aguas del río Lerma que se aprovechan en la ciudad de México.

T A B L A II

Cuenca	Estación afectada	Presas	Cuenca	Estación afectada	Presas
Pánuco	Puente Amazacintla	Taximay	Papaloapan	Angostura	Comulco
		Requena			Copalillo
	Endó	C. Grande			
	V. Aguirre	Los Mangos			
	Centenario	Jolapa			
	La Soledad	S. Ferrnández			
	López Rayón	Doleres			
	Paso de Tablas	Flores			
	Tansubaca	San Bartolo			
	Santa Rosa Almahlileo	Ojo Caliente			Teotitlán
		Las Lajillas			Filapa
	Poza Azul	Poza Azul			San Rafael
	Magiscatzin	La Aguja			El Doctor
Río Frío			La Junta		
El Conejo	Los Cues				
Tuxpan	San Gabriel	Llera	San Martín		
	Álamo	La Mesilla	El Carrizo		
Cazones	Poza Rica	Los Reyes	Matamba		
Tecolutla	Colaxtitla	Atexcaco	San Nombre		
La Antigua	Cardel	La Antigua	Quiotepec		
Jamapa	Paso del Toro	Santa Anita	Niquila		
Papaloapan	Axusco	Chicicaxtla	Papaloapan		
	Angostura	San Agustín	Guatotolanman		
			Caichapa		

Algunos aspectos geomorfológicos

El agua de escurrimiento es uno de los agentes más significativos que han intervenido en el modelado de la región, al actuar sobre las diversas formas iniciales de carácter estructural, como: montañas, mesetas, llanuras, etc., cambiando gradualmente 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 los diversos 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.

Los aguaceros o chubascos son capaces de originar en escaso tiempo pequeños canales que poco a poco aumentan sus dimensiones, y si no se toman las medidas pertinentes en la detención de este proceso, se pueden convertir en verdaderas cárcavas que transformen estos lugares en tierras malas. Problemas de esta natu-

raleza son comunes en estas cuencas entre las que sobresale la del Papaloapan en la que su afluente, el río Salado, proporciona más del 60% de los azolves que llegan al colector principal.¹² Otros escurrimientos localizados en ésta y otras cuencas, en cuyas estaciones hidrométricas se hacen muestreos de sólidos, aparecen en el cuadro 4 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.

En las cuencas mencionadas, la erosión de los suelos se efectúa en 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, el avenamiento se presenta en diferentes modalidades (Fig. 13), de las cuales las más importantes son las siguientes:

1. *El Dendrítico*. Es el más significativo por ocupar la mayor área de la región: se localiza

¹² Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión del Papaloapan, *Boletín hidrológico núm. 13*, México, 1970, p. 15.

en casi todas las cuencas excepto en las de los ríos Jamapa, La Antigua, Actopan y Pajaritos. Este diseño se caracteriza porque los tributarios se presentan en ramificaciones carentes de un orden específico; es decir, se unen entre sí formando ángulos agudos.

2. *El paralelo.* Se presenta en el centro de la región, donde existen las pendientes más fuertes de la Sierra Volcánica Transversal que llegan a la costa e 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 Papaloapan, sus tributarios: Blanco, Moreno, Tlalixcoyan, Cocoyucan, Hondo y Amapa, cuentan con este tipo de diseño. También lo incluyen en sus cabeceras los ríos Nautla y Tecolutla.

3. *El centrípeto.* Está constituido por escurrimientos que concurren a una depresión, como los localizados en la región volcánica de los Tuxtlas, que alimentan el lago de Catemaco; los que descienden de las formaciones montañosas del Valle de México y en otros lugares no muy bien definidos, como el extremo noreste de la cuenca del río Pánuco, formado por los afluentes: Comandante, Frío, Sabinos, San Isidro, etc. que, sin confluir en un mismo lugar del río principal, sí descienden de las Sierra de Cucharas y Chamal a la depresión situada entre ambas.

4. *El Radial.* A la inversa del anterior, en el avenamiento radial los escurrimientos divergen al descender desde un punto de mayor altura; esto es, el drenaje está sujeto a las características estructurales de forma cónica o ligeramente alargada como los 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 se originan en el cerro de Jocotitlán y Sierra de Buenavista.

5. *El anárquico.* Este avenamiento predomina en las zonas casi planas, de aluviamiento 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, Jamapa, Pánuco y Tonalá; otras de menor importancia se encuentran en las de: Tuxpan, Tecolutla, Nautla y demás corrientes menores.

La textura general del escurrimiento está estrechamente relacionada con el clima; es más denso hacia el sur y la llanura costera donde las lluvias son más frecuentes, en tanto que en el norte y noroeste se presenta más abierto o espaciado.

El paisaje kárstico se produce por la acción modeladora del agua que al contacto con las rocas calizas las disuelve gradualmente, sobre todo si contienen un alto grado de ácido carbónico que puede proceder de la atmósfera o de las plantas en descomposición. El carbonato de calcio y las rocas sedimentarias se combinan entre sí formando un bicarbonato soluble y muy inestable que al descomponerse provoca precipitación de materiales disueltos, dando lugar a formas caprichosas de estalactitas y estalagmitas.

Las zonas a las que se hizo referencia tienen drenaje subterráneo y se localizan en la cuenca del río Pánuco (Fig. 13). El área de Xilitla es, quizá, la más relevante; está constituida por un sinnúmero 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 ocupar un lugar preponderante dentro del marco latinoamericano. Otras grutas de magnitudes desconocidas son: La Puerta, La Mujer de Agua, Las Guayas, El Salitre y muchas más. En esta zona también se localizan diversas fuentes vaclusianas que alimentan varias corrientes formadoras del río Huichiuaván que son: Xumo-conco o Huxum-Ha y Kitifá que descargan sus aguas en los ríos La Mujer de Agua y Agua del Arenal, respectivamente.

En la cuenca arriba citada también se localizan otras zonas de gran importancia, con el mismo tipo de modelado, entre las que destaca el Sótano de la Joya de Salas, con profundidad de 272 m; de las demás se carece por completo de información. Otros dos lugares sobresalen en la parte central del Estado de San Luis Potosí, próxima a otras dos más pequeñas y de menor significación.

La evolución en los principales cauces de los ríos de la región es muy variada, ya que, como se vio, las condiciones del terreno drenado son muy heterogéneas; de esta manera se aprecia que algunos de estos escurrimientos han labrado profundos cañones con lo que logran un nivel de base local, o ampliar el exis-

tente, sobre todo los que lo tienen en la llanura costera. El río Pánuco, que al mismo tiempo lo ha hecho en la citada llanura, también podría decirse que lo ha obtenido en la Altiplanicie Mexicana (Fig. 14).

Merecen especial atención los perfiles longitudinales de los ríos Tecolutla (Fig. 15) y Cazones (Fig. 16), cuyas curvas presentan cierta convexidad, lo cual expresa su escasa evolución; por otra parte, en las gráficas de los ríos Jamapa (Fig. 17) y Papaloapan (Fig. 18) y sus principales afluentes, se observa menor desnivel en la mayor parte de los recorridos de estos últimos que en sus colectores generales, excepto en las cabeceras donde son bruscos.

Con respecto a los ríos Nautla (Fig. 19), La Antigua (Fig. 20), Misantla (Fig. 21), y Actopan (Fig. 22), son los menos evolucionados de todos los ríos tratados, mientras que los ríos Coatzacoalcos (Fig. 23) y Tonalá (Fig. 24), sus pendientes con relación a la longitud de sus cauces principales son de las más reducidas; pero al río Tuxpan (Fig. 25) puede considerársele entre los intermedios; sin embargo, en general todos los escurrimientos presentan en sus perfiles puntos de inflexión que van cediendo a la acción erosiva del agua.

Es lógico suponer, y de hecho se observa en las gráficas anteriores, que estos ríos no han llegado a un estado de equilibrio total debido a la gran diferencia de altura entre los puntos que constituyen el perfil y las pendientes aguas arriba, 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, también, es posible que se deban a modificaciones del perfil, resultantes de movimientos tectónicos. Existen diversas cascadas en la Sierra Volcánica Transversal, como: La Gloria, en el río Apulco; Trinidad, en el Cazones; Rincón Grande, en el Tilapan; Coaxtla, en el Atoyac; Tamasopo, en el río del mismo nombre; Eyimantla y Tancoco en los ríos San Andrés y Tancochín, respectivamente; estos dos últimos descienden, el primero, de la zona volcánica de los Tuxtlas y el segundo, de la Sierra de Tantima. Otras que han sido aprovechadas para la generación de electricidad, son: Los Micos, en el río Valles; Texolo, en el río de su nombre; Tuxpango, en el río Tilapan; El Salto,

en el río de igual denominación y las dos del río Necaxa.

En relación con las cuencas bajas, algunos de estos ríos describen serpenteados en sus cauces, formados debido, principalmente, a la escasa pendiente del terreno; a esas ondulaciones se les denomina meandros, a los que Derruau define como "un trazado que se aparta de su dirección de escurrimiento para volver a ella después de describir una pronunciada curvatura".¹³

Las más sobresalientes de estas formaciones se localizan a alturas menores de los doscientos metros sobre el nivel del mar, y por encontrarse sobre depósitos acarreados por las mismas corrientes, puede decirse que corresponden al tipo de meandros de llanura aluvial. Estos meandros se localizan en la llanura costera de los ríos Papaloapan, Pánuco, Tuxpan, Cazones, Nautla y Coatzacoalcos, allí donde sus escurrimientos son plúcidos.

Los meandros, al ir evolucionando, pueden estrangularse ya sea durante el desbordamiento, al aumentar el caudal del río, lo cual es muy común en estas cuencas, o cuando la exageración llega a tal grado que los extremos más próximos terminan por unirse. Es posible que cualquiera de estas causas haya influido en los ríos arriba mencionados, para justificar la existencia de *ox-bow* o meandros abandonados, en sus márgenes.¹⁴

Con respecto a la morfología litoral, el agente más importante en la formación de las lagunas costeras es el agua, que actúa de distintas maneras: como oleaje en el mar, corrientes litorales y escurrimientos continentales. Las corrientes litorales transportan los materiales de otros lugares, mientras que por la acción de las olas esos acarrees se van acumulando en el lecho marino próximo a la costa; por otra parte, esos depósitos se ven incrementados con los sedimentos que los escurrimientos continentales transportan desde tierra adentro. A medida que el tiempo transcurre esas acumulaciones se hacen más voluminosas, hasta emerger del mar en forma de un cordón litoral de inestabilidad que perdurará hasta que se establezca la vegetación espontánea, que se puede considerar como otro agente formador que dará mayor firmeza al

¹³ Derruau Max, *Geomorfología*. Barcelona, Ed. Ariel S. A., 1966, Cap. V, p. 101.

¹⁴ *Idem*. Cap. VI, p. 99.

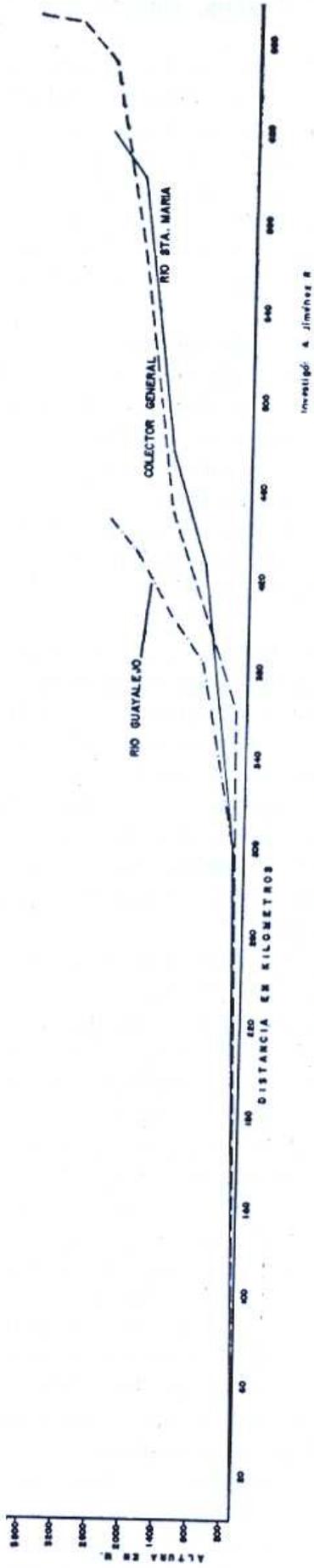


FIG. 14. Perfil longitudinal del río Pánuco.

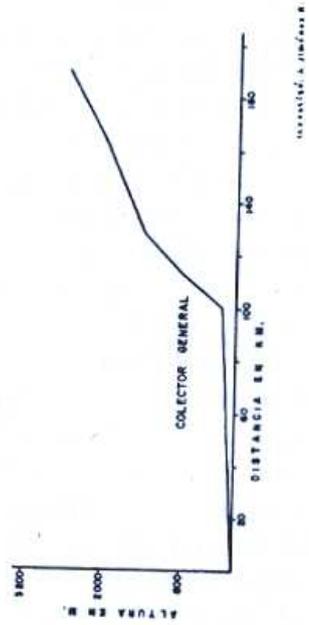


FIG. 15. Perfil longitudinal del río Tecolutla.

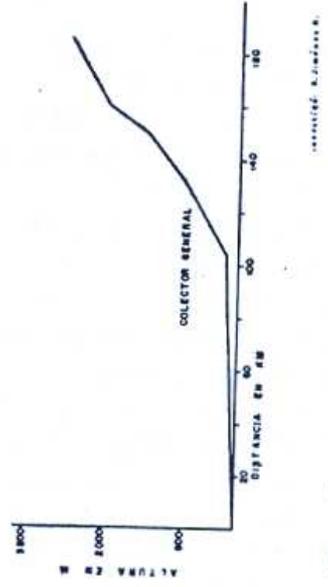
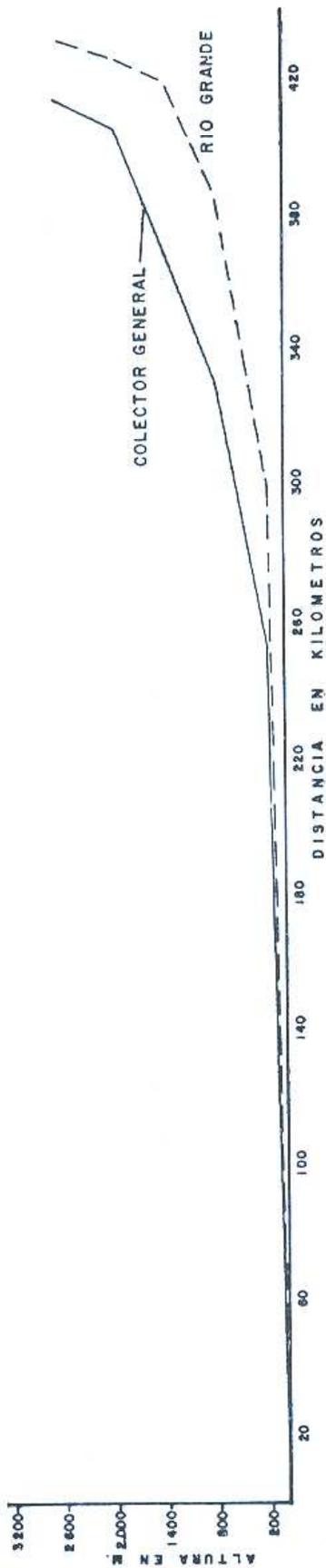
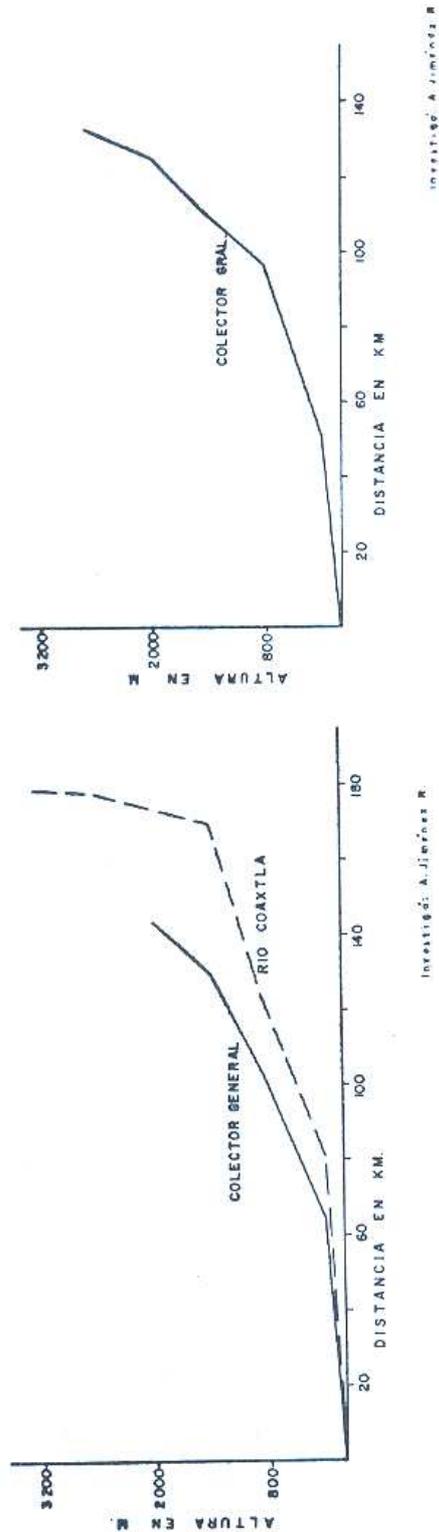


FIG. 16. Perfil longitudinal del río Cazonces.



Investigó: A. Jiménez R

Fig. 17. Perfil longitudinal del río Papaloapan.



Investigó: A. Jiménez R

Fig. 18. Perfil longitudinal del río Nautla.

Fig. 19. Perfil longitudinal del río Nautla.

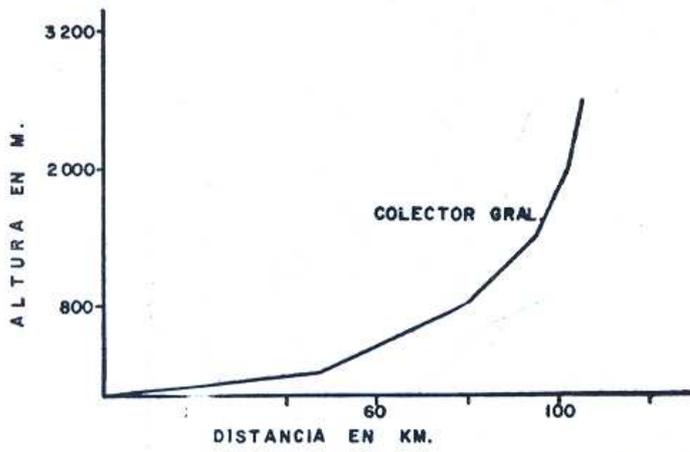


FIG. 20. Perfil longitudinal del río Antigua.

Investigó: A. Jiménez R.

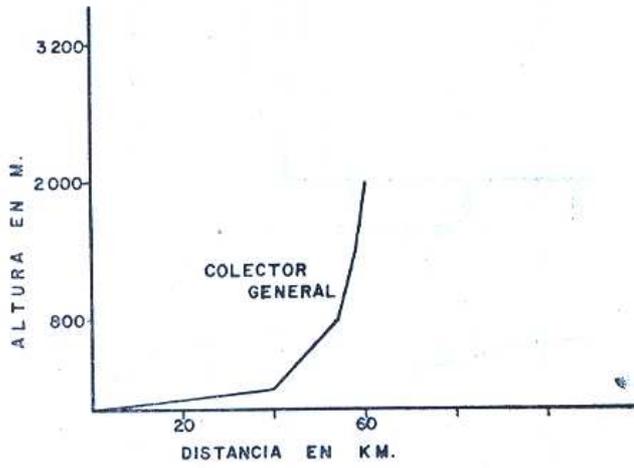


FIG. 21. Perfil longitudinal del río Misantla.

Investigó: A. Jiménez R.

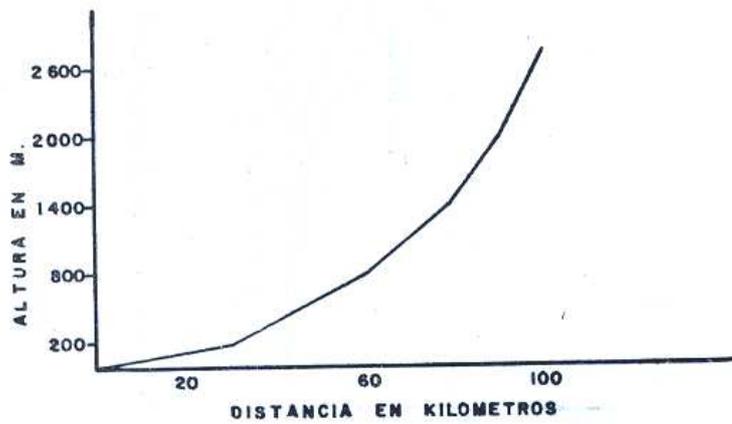
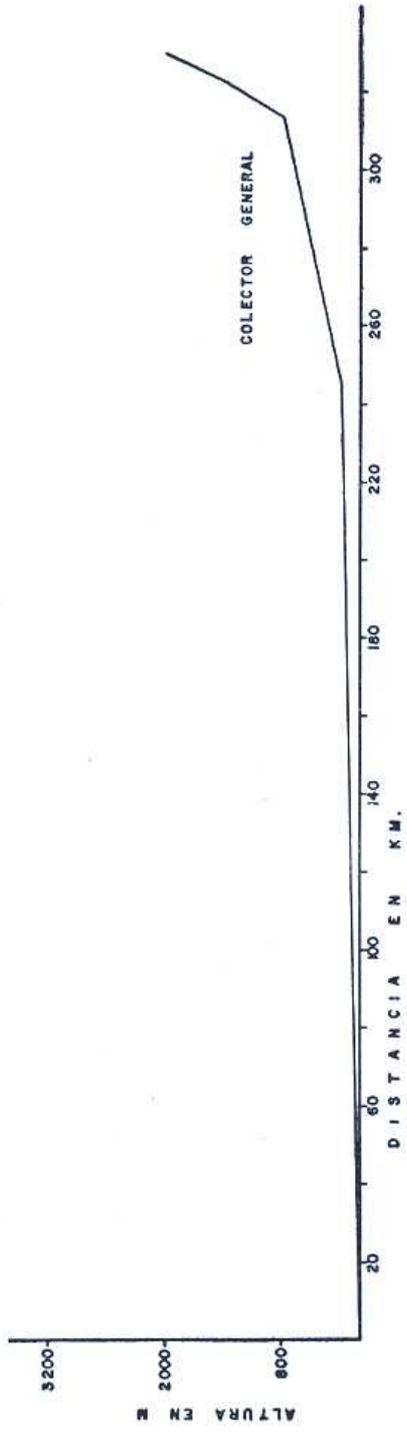


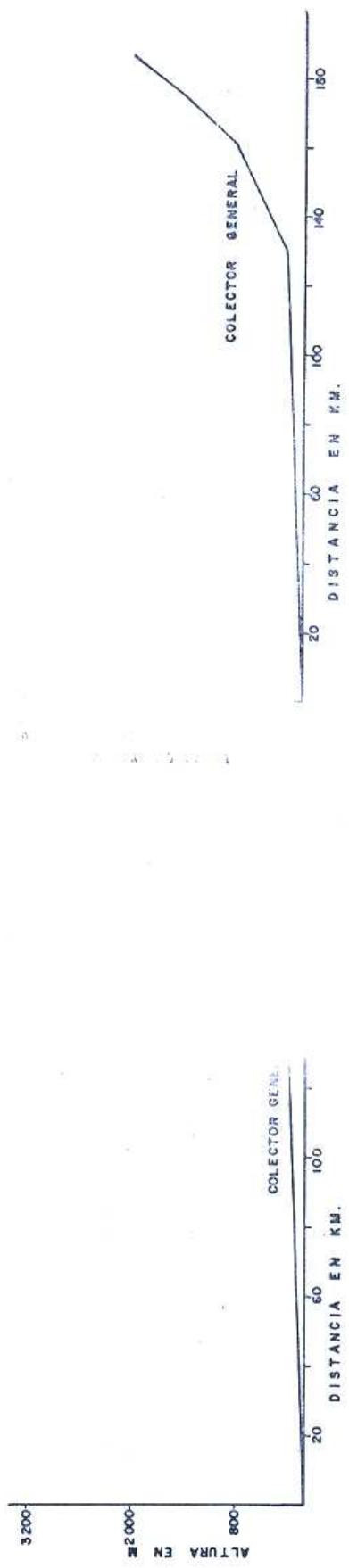
FIG. 22. Perfil longitudinal del río Actopan.

Investigó: A. Jiménez R.



Investigó: A. Jiménez R.

Fig. 23. Perfil longitudinal del río Coatzacoalcos.

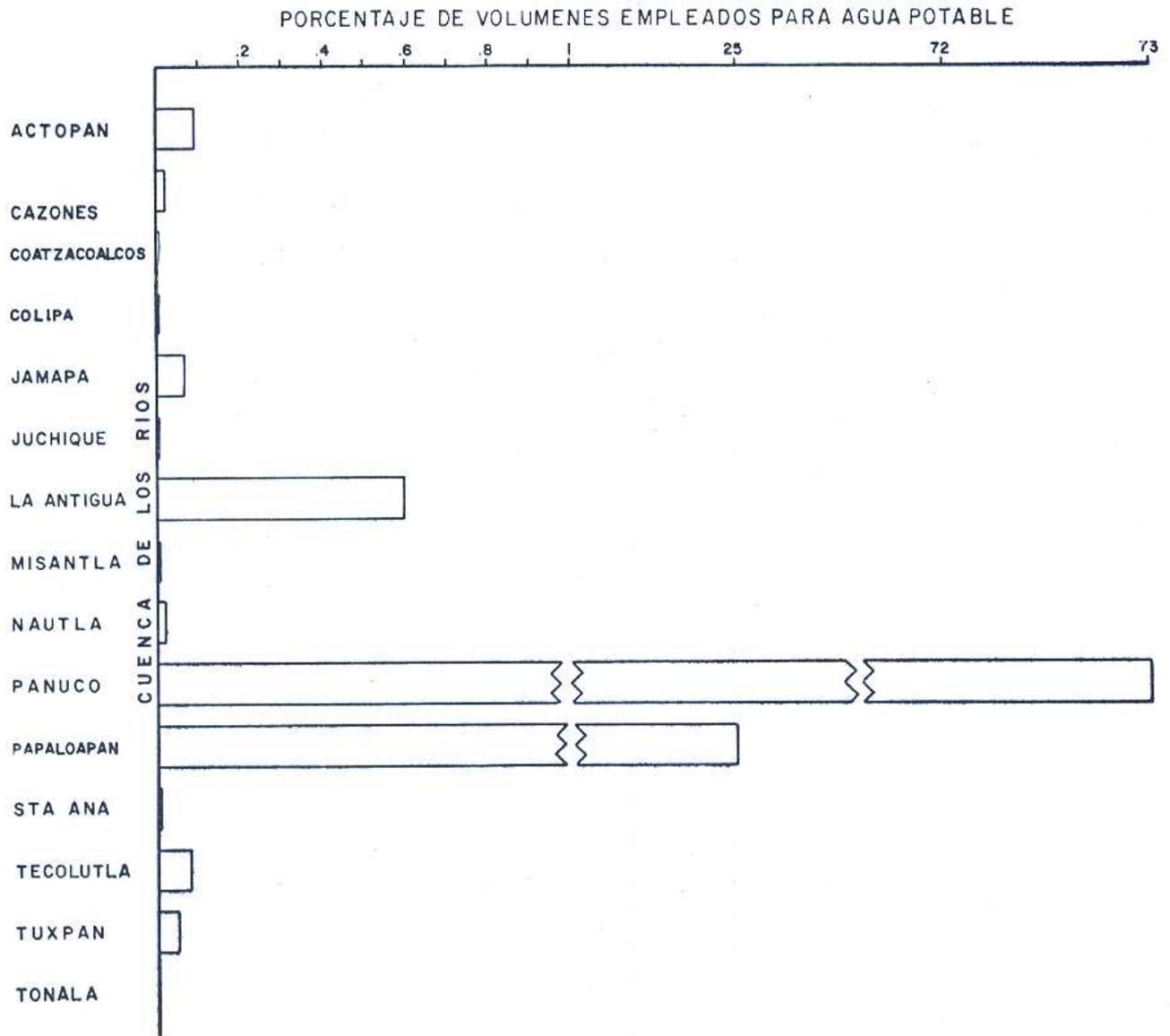


Investigó: A. Jiménez R.

Fig. 25. Perfil longitudinal del río Tuxpan.

Fig. 24. Perfil longitudinal del río Tonalá.

Fig. 26



Fuente: Según datos de la D. G. U. A. P. C., S. R. H.

Investigó: A. Jiménez R.

terreno y, de esta manera, la faja o lengua dividirá las aguas del mar y las de la laguna.

Es importante hacer notar que las fuerzas que intervienen en la formación de las llanuras costeras de levantamiento, semejantes a la del Golfo de México, también participan en la formación de las lagunas litorales; R. Cruz cree que también los seres vivos coadyuvan a tal propósito, como basamento de las barreras, por ejemplo los corales.¹⁵

¹⁵ Cruz O. Rodolfo, *Sedimentología de la laguna de Tamiahua, Veracruz, México*. Tesis, Instituto Politécnico Nacional, México, 1966, p. 41.

Una vez que se ha constituido la laguna, sobre ella seguirá actuando una serie de factores: a) aportes fluviales, b) aluviamiento, c) evaporación, d) transporte litoral, e) mareas y f) tormentas, a los cuales quedará sujeta la vida de la misma; en otras palabras, la modificación de estos factores puede motivar su desaparición.

El más importante de todos estos factores es la depositación de materiales, porque reduce gradualmente la profundidad de la laguna hasta que afloran en forma de islas pantanosas que poco a poco crecen hasta que desaparece el cuerpo de agua.

En la región en estudio existen varias lagunas costeras de este tipo, que se caracterizan por tener un fondo somero y de pendiente suave. La laguna de Tamiahua es la más importante por la dimensión de su embalse que la coloca 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, los ocupan diferentes islas.

Otras lagunas de este tipo se localizan en las siguientes cuencas:

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

Existe en la región otro tipo de lagunas que se forman en las partes bajas de las cuencas fluviales, cuando las aguas de los ríos las invaden debido a la escasa pendiente del terreno y la lenta circulación de los escurrimientos, así como las fluctuaciones de las mareas.

La mayoría de estas lagunas son de escasa profundidad y están rodeadas de zonas pantanosas; además, regulan los escurrimientos bruscos de los ríos.

Las cuencas en que se localizan estas lagunas son:

- a) Río Pánuco: Pueblo Viejo, Chairel, Tamós, Tortugas, Altamira y Culcra.
- b) Río Papaloapan: Talixcoyan, San Marcos, Tecate, Papuyeca, Coralillo, Chalpan, Litzamba, de la Piedra, San Bartolo y Espinal.
- c) Río Tonalá: del Rosario.

Desde el punto de vista hidrográfico, es importante mencionar la existencia de otros cuerpos de agua, como el lago de Catemaco, localizado en la zona volcánica de los Tuxtlas; otros en la cuenca del río Pánuco son: Texcoco, Xochimilco, Tláhuac, Míxquic, Apan y Zumpango; todos ellos son más bien de origen estructural, en los que el vulcanismo resulta ser el principal elemento formador.

II. APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDROLÓGICOS

El agua es uno de los recursos más valiosos con que todo ser vivo cuenta en el medio en

que habita. Algunas veces, 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 hidráulicos, pero, quizá, uno de los más importantes es el agua potable; también la aprovecha para el aseo personal y la preparación de sus alimentos que, en muchos casos, son traídos de los campos de cultivo en donde, con frecuencia, el agricultor tiene que proporcionar humedad al suelo, por medio de riego, para que las plantas produzcan más; pero los alimentos también provienen de los cuerpos de agua en donde se cultivan peces para satisfacer y mejorar la dieta alimenticia del hombre; mas no todos los alimentos pueden consumirse directamente, sino que algunos son llevados a los centros industriales en los que se emplea el agua para su transformación, y para otros tipos de productos destinados a proporcionar comodidades. Estas industrias también consumen energía eléctrica que con mucha frecuencia es proporcionada por las plantas hidroeléctricas. Cuando se cuenta con materias primas o productos ya elaborados, es necesario llevarlos a aquellos lugares donde se requieran, sin que sus costos se eleven notoriamente, pudiéndose usar para esto el transporte fluvial. Por otra parte, después de que el hombre ha laborado por largo tiempo, necesita un merecido descanso, y el agua puede coadyuvar a tal objetivo.

El agua potable.

El abastecimiento de agua potable a las comunidades significa uno de los mejores aprovechamientos que el hombre pueda dar al recurso agua; para esto, el preciado líquido debe reunir estrictas condiciones de pureza en lo que respecta a requisitos físicos, químicos y bacteriológicos, con el fin de prevenir efectos nocivos a la salud.

Las principales fuentes de abastecimiento de agua potable a los centros de población de la región, provienen principalmente de pozos profundos, corrientes superficiales y manantiales. El agua de estas fuentes no siempre reúne normas de potabilidad, por lo que es necesario adecuarla mediante la agregación de sustancias químicas. El consumo de agua procedente

de las dos últimas fuentes mencionadas se calcula en 33 474 452 310 m³ que son extraídos de las diferentes cuencas, en las cantidades siguientes (Tabla III y Fig. 26):¹⁶

T A B L A I I I

Cuenca de los ríos	Volumen en m ³ ¹⁶	% 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	71.43402
Santa Ana	31 500	.00010
Tecolutla	28 274 500	.10203
Tuxpan	19 136 600	.07300
Tonalá	89 300	.00030

¹⁶ Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. *Información computada.*

En los volúmenes anteriores, puede apreciarse que el más alto porcentaje corresponde a la cuenca del río Pánuco, lo cual resulta lógico porque en ella existe mayor concentración de población usuaria; es seguida por la del Papaloapan en la que últimamente se ha dotado de este servicio a varias localidades y, en tercer término, la del río La Antigua (Fig. 30).

Es importante hacer notar que es posible que toda el agua utilizada en el hogar, extraída de las corrientes superficiales, no sea potable; esto viene al caso porque, al revisar la información, aparecen cantidades tan pequeñas de agua destinada a ser bebida que resultaría incosteable la instalación de una planta potabilizadora; tal es el caso de Jamapa, Zautla, Juchique de Ferrer, Colipa, Yahualtepec, Tierra Nueva, etc.

El riego

El crecimiento de la población ha propiciado un aumento considerable en la demanda de alimentos, y solamente ha podido ser cubierta gracias al desarrollo tecnológico que, al aplicarse a la agricultura da como resultado la obtención de mejores cosechas. Entre las técnicas aplicables a las actividades del agro está

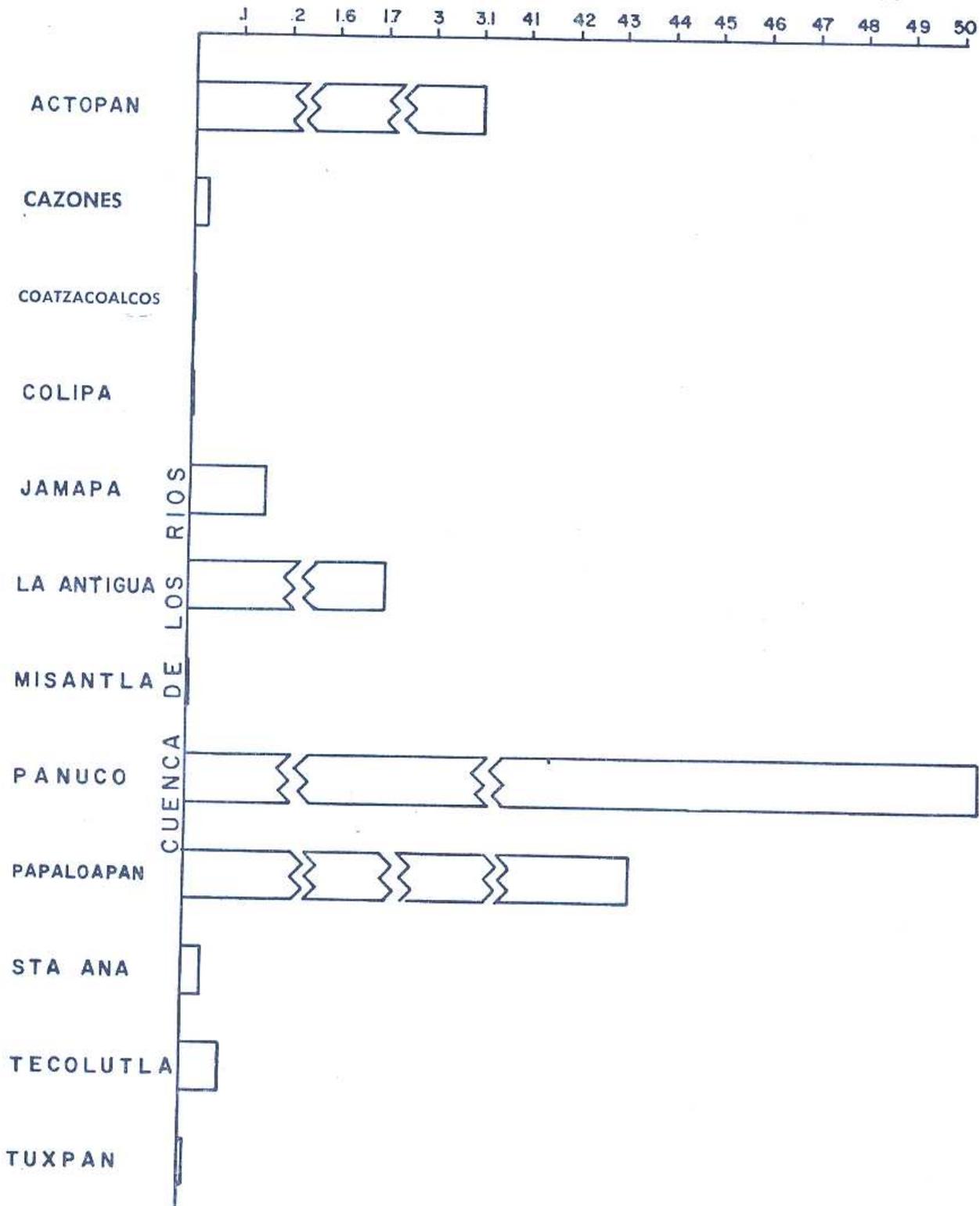
T A B L A I V

R I E G O							
Usuarios de derechos ¹⁷			Distritos de riego ¹⁸			Total de Cuencas	
Cuenca de los Ríos	Volumen en m ³	%	Núm.	Volumen en m ³	%	Volumen en m ³	%
Actopan	1 480 812 600	.304	1	85 846 000	9.832	1 566 658 600	3.1013
Cazones	19 260 600	.046	0			19 260 600	0.0346
Coatzacoalcos	999 700	.002	0			999 700	0.0023
Colipa	100 000	.002	0			100 000	0.0002
Jamapa	42 869 000	.080	1	33 112 000	3.269	75 981 000	0.1624
La Antigua	689 970 700	.141	1	151 171 000	17.473	841 141 700	1.7107
Misantla	78 800	.001	0			78 800	0.0002
Pánuco	24 540 136 610	52.689	13	424 675 300	49.257	24 964 811 910	50.5427
Papaloapan	21 150 528 100	44.380	1	164 440 000	19.766	21 314 968 100	43.3119
Santa Ana	21 459 900	.040	0			21 459 900	0.0419
Tecolutla	32 640 100	.060	1	2 199 000	0.248	34 839 100	0.0764
Tuxpan	3 947 000	.008	0			3 947 000	0.0083
Total	47 982 803 110	100.000	18	861 443 300	100.000	48 844 246 410	100.0000

¹⁷ *Idem.*

¹⁸ Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Distritos de Riego, *Características de los distritos de riego.* México, 1973, Tomo I p. 177-178, 189-190, Tomo II, p. 133-134, Tomo III, p. 7-22, 125-142.

Fig. 27
 PORCENTAJES DE VOLUMENES DE AGUA PARA RIEGO



Fuente Segun datos de la D. G. U. A. P. C. , S. R. H.

Investigó: A. Jiménez R.

el riego, cuya finalidad primordial es contrarrestar la estación del estiaje e impedir que las plantas mueran al quedar privadas del vital líquido.

La distribución del agua por medio del riego cuando las plantas lo requieran, esto es, en su periodo de crecimiento, que por lo general coincide con la disminución de las lluvias, contribuye a obtener mejores rendimientos, 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.

En la región en estudio, como en el resto del territorio nacional, existen sistemas comunales de riego, que son administrados por el Estado, de los cuales 18 se localizan en la primera y destinan aproximadamente 861 443 300 m³ de agua para proporcionar humedad a 150 621 hectáreas (Tabla IV y Fig. 27);¹⁹ por otra parte, los volúmenes aprovechados en la pequeña irrigación son de 47 982 803 110 m³.

Los volúmenes totales extraídos de las corrientes que drenan esta área se concentran en el cuadro citado: en él se observa que los usuarios de derecho como los de hecho obtienen el recurso, en gran parte, tanto para la pequeña como para la gran irrigación, de la cuenca del río Pánuco, y en menores cantidades de los ríos Papaloapan y Actopan principalmente. Este recurso es utilizado en las zonas donde las condiciones climatológicas no proporcionan al suelo suficiente humedad para lograr mayor productividad.

Los lugares en que se aprovechan los recursos hidrológicos de las corrientes superficiales para las actividades agrícolas, se localizan en las figuras 30 y 31 y la tabla IV.

La piscicultura

El aprovechamiento de los recursos hidráulicos en el cultivo de los peces es una actividad que se ha venido desarrollando en la región, especialmente en los cuerpos de agua artificiales, con el objeto de introducir nuevas especies, mejorar la alimentación y abatir la desocupación en el campo.

¹⁹ Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. *Información computada*.

La piscicultura en México es asesorada por técnicos especialistas que efectúan estudios ecológicos que revelan que, así como existen lugares óptimos dentro de la región en estudio, hay otros que presentan factores limitativos debido principalmente a la contaminación, especialmente de productos químicos, derivados del petróleo, o sedimentos, como se verá más adelante. Por otra parte, los técnicos del Instituto Nacional de Pesca aseguran que la producción piscícola sin ninguna técnica es en promedio de 6 toneladas por hectárea, lo que resulta superior si se compara con una superficie similar de tierra cultivada como el campesino acostumbra a hacerlo; pero aplicando las técnicas apropiadas, la primera puede elevarse hasta 8 o 10 toneladas en un año.

La diversidad de climas y la distribución de numerosos cuerpos de agua en esta área 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, y cálidas, como la tilapia, que son distribuidas por los centros piscícolas que en número de tres se localizan en la región; esto es, en Tezontepec, Hgo., El Zarco, D. F. y Tancol, Tamps, donde se producen crías de carga de Israel, carpa escamuda, carpa herbívora, mojarra de agallas azules, tilapia mossambica, tilapia melanopleura, bagre, lobina negra, trucha arco iris, trucha de arroyo, pescado blanco, charal, rana toro, rana catesbiana, langostino, etc.²⁰

Infelizmente, la información estadística sobre la producción de cada uno de los lugares señalados (Fig. 32) no existe; los únicos datos proporcionados pertenecen a la presa Miguel Alemán que, con sus 47 000 Has de superficie produjeron 2 500 toneladas en 1972, 3 500 en 1973, y en el primer semestre de 1974 había sido de 4 200 toneladas, lo que demuestra ser el más importante del país.²¹

La industria

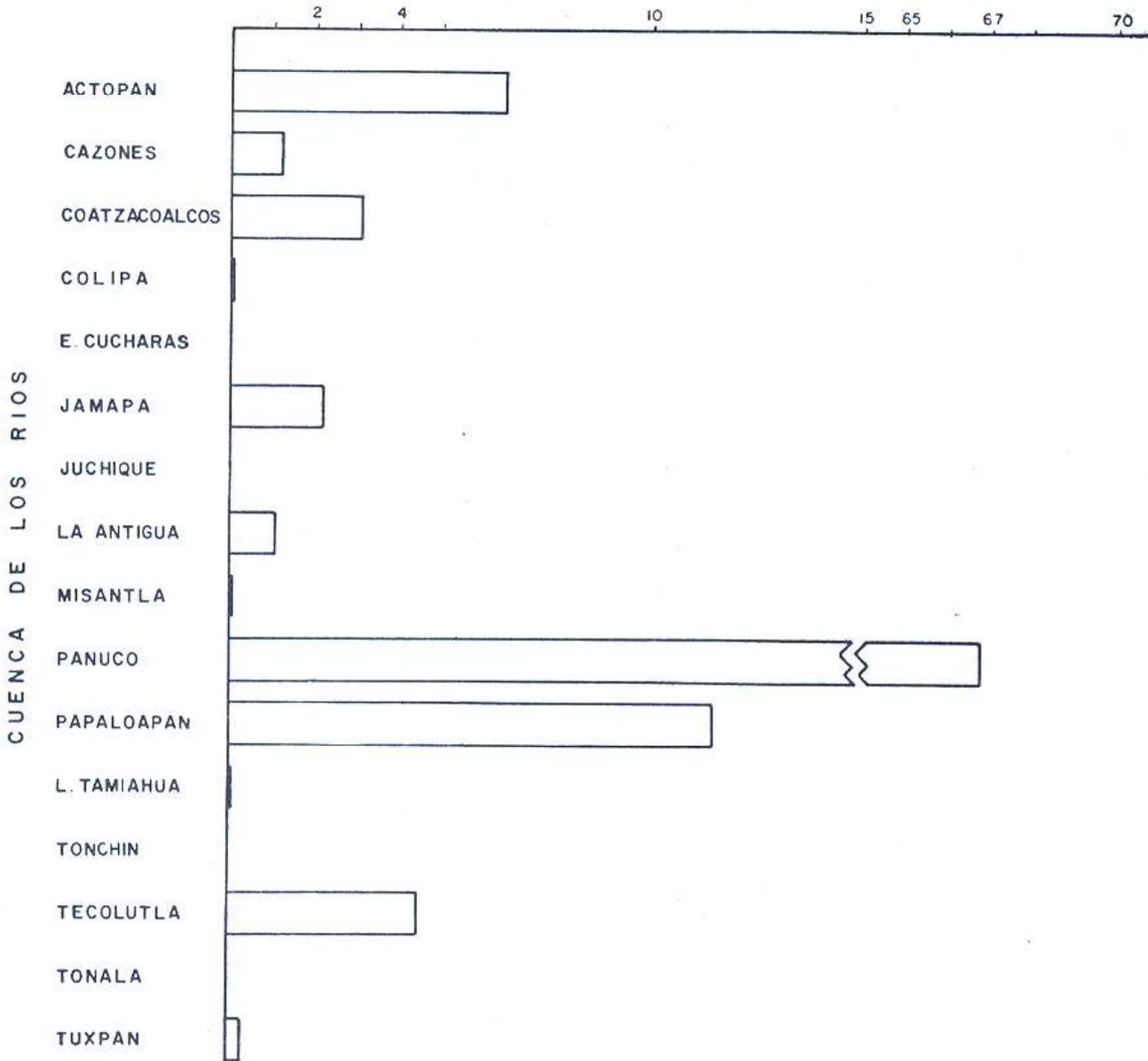
El suministro de agua a los centros industriales es indispensable para la transformación de las materias primas o como parte integrante de los productos que posteriormente saldrán al mercado.

²⁰ Información verbal.

²¹ *Idem*.

Fig. 28

PORCENTAJE DE VOLUMENES DE AGUA EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA



Fuente: Según datos de la D. G. U. A. P. C., S. R. H.

Investigó: A. Jiménez R.

La diversificación de los tipos de industrias en los sitios en cuestión es considerable, lo cual trae consigo la utilización muy variada del recurso, aunque esto se puede globalizar en los siguientes grupos:

a) *Las refinerías y plantas petroquímicas* de Ciudad Madero, Poza Rica, Minatitlán y Azcapotzalco, utilizan el agua principalmente para

enfriamiento, en la destilación del petróleo crudo; así, por ejemplo, para transformar un litro de petróleo en crudo se requieren de 3.8 a 41.5 litros de agua.²²

b) *Las plantas termoeléctricas* que en número de 65 se localizan en esta zona, están instaladas

²² Jones y Darkenwald, *Geografía económica*. México, Ed. Fondo de Cultura Económica, 1971, Cap. XXX, p. 610-611.

principalmente en la ciudad de México, Tampico, Poza Rica, Ciudad Mante, Ciudad Valles, Río Verde, Jacala y Jesús Carranza; el consumo de agua en cada una de ellas fluctúa entre 50 000 y 90 000 toneladas destinadas a ser convertidas en vapor.²²

c) *Las fábricas de papel y celulosa* de la ciudad de México, Escamela, San Rafael, Naucalpan de Juárez, Orizaba y Loma Bonita, necesitan grandes volúmenes de agua que varían, según el proceso, de 9 000 litros en el mecánico, a 380 000 en el químico, por cada tonelada de producto.²² El uso que tiene el agua en estas factorías es para el lavado de troncos y celulosa a fin de librarlos de impurezas y residuos químicos; para soluciones y diluciones químicas y producción de vapor, por lo que la mayoría de dichas industrias son instaladas en donde el agua y los demás recursos son abundantes.

d) *Las plantas de productos químicos* utilizan el recurso agua en forma muy compleja dada la infinidad de productos que en ellas se elaboran, aun así los usos más comunes son: enfriamiento, soluciones, diluciones, lavado, etc. Para darse idea de este aprovechamiento es importante hacer notar que, para obtener una tonelada de ácidos sulfúrico se requieren de 3 024 a 27 300 litros de agua.²³ Los lugares más importantes donde se localizan estas plantas son: ciudad de México, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla, Tampico, Minatitlán, Orizaba y Veracruz.

e) *La industria alimentaria* que se encuentra instalada en la ciudad de México, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla, Tampico, Poza Rica, Tuxpan, Alvarado, Veracruz, Loma Bonita, Pachuca, Tehuacán, Lourdes, Covame, Coatzacoalcos, Orizaba, Ciudad Valles, Jalapa, etc., usa este recurso en la preparación o cocción de diversas materias primas, conservándose en algunas de ellas, o, bien, en otras el líquido resulta ser el producto primario; es decir, en el primer caso se utiliza en las conservas y en el segundo en la industria refresquera y demás bebidas.

En los diversos tipos de industria también se usan grandes volúmenes de agua para la obtención de energía hidroeléctrica, como ocurre con los escurrimientos del río Blanco, que abastece principalmente las industrias textil y cervecera.

²³ *Idem.*

T A B L A V

<i>Cuenca de los ríos</i>	<i>Volumen en m³ 24</i>	<i>% de la región</i>
Actopan	484 533 600	6.514
Cazones	80 170 800	1.177
Coatzacoalcos	229 130 600	3.125
Colipa	7 598 200	0.103
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	11.392
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

Todas estas industrias consumen un volumen aproximado de 7 218 232 500 m³ extraídos de las distintas corrientes, en las siguientes cantidades (Tabla V y figuras 28 y 30).

Si se hace una comparación de las cantidades aprovechadas en cada una de las citadas cuencas, se observará que las del río Pánuco representan más del 69% de lo que aportan las demás, por concentrarse en ella el mayor número de industrias, principalmente en el Distrito Federal y en el Estado de México (Fig. 28); en cambio, la cuenca del río Papaloapan contribuye con el 11.3% para la zona industrial de Orizaba, Córdoba, Río Blanco y Ciudad Mendoza, mientras que las del río Actopan llegan al 6.5% del total destinado a esta actividad.

Debe subrayarse el hecho que algunas factorías reutilizan el agua cuando ésta no requiere condiciones extremas de pureza, sobre todo cuando se utiliza para enfriamiento, no así en la elaboración de productos alimenticios y químico-farmacéuticos y algunos otros que precisan de mayor calidad de ella.

La energía hidroeléctrica

Es importante reconocer que, entre todas las riquezas con que la naturaleza ha dotado al

²⁴ Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. *Información computada.*

hombre, está sin duda la fuerza procedente del escurrimiento del agua, cuando en una u otra forma circula por nuestro planeta, para completar una etapa o eslabón del ciclo hidrológico. Al analizar detenidamente esta cuestión, resulta que la fuerza hidráulica constituye una fuente de energía que promete dar un sinnúmero de comodidades, bienestar y progreso a la comunidad, y del hecho de no explotarse resulta un desperdicio, pues se trata de un recurso renovable siempre que las características físicas y biológicas de las cuencas sean preservadas.

La electricidad, en sí misma, no es una fuente de energía, pero desde la invención de la turbina y su acoplamiento a los generadores para aprovechar los escurrimientos, representa un gran futuro por la crisis de energéticos que se presenta en 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, que no son renovables.

Al reiterar algunas de las características físicas más importantes que intervienen en el aprovechamiento de los recursos hidrológicos de la región en cuestión, se observa que, desde el punto de vista climático, las condiciones de humedad en cuanto a precipitaciones se refiere, son más abundantes y frecuentes en el lado de barlovento de la Sierra Madre Oriental, al mismo tiempo que con la altura y de noroeste a sureste; por otro lado, las pendientes bruscas de los ríos que drenan este sistema montañoso y el de la Sierra Volcánica Transversal constituyen otro de los factores importantes que favorecen la instalación de plantas hidroeléctricas y, de hecho, los resultados están a la vista, ya que la mayoría de ellas se localiza en estos lugares.

La diversidad de las condiciones mencionadas en las cuencas de esta zona han propiciado el uso desigual de este recurso, de esta manera las plantas generadoras se encuentran diseminadas heterogéneamente, como se indica en la Tabla VI.

Las 63 plantas hidroeléctricas, con capacidad instalada de 746 212 Kw, representan el 38.2% del total de la región, en el que se incluyen 65 de vapor, con 1 048 Kw y 681 de combustión interna, con 196 186 Kw; en otras palabras, el número de plantas primeramente tratadas, y su capacidad instalada en esta región

T A B L A VI²⁵

<i>Cuenca de los ríos</i>	<i>Plantas</i>	<i>Capacidad instalada en Kw</i>
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

constituyen el 36.4% y el 29.2%, respectivamente de todo el país, para el año de 1972.²⁵

En los lugares en que se utiliza el agua para la generación de electricidad (Fig. 31), se extrae de los escurrimientos, en cantidades variables, como puede advertirse en la Tabla VII, (Fig. 29); pero si ésta se coteja con la Tabla VI se puede ver que no en todas las cuencas existen plantas hidroeléctricas; sin embargo, el hecho de que en otras se presente este uso del agua se debe a que el recurso es conducido artificialmente de ellas hasta las instalaciones de las plantas mencionadas, tal como ocurre en el sistema Necaxa.

T A B L A VII

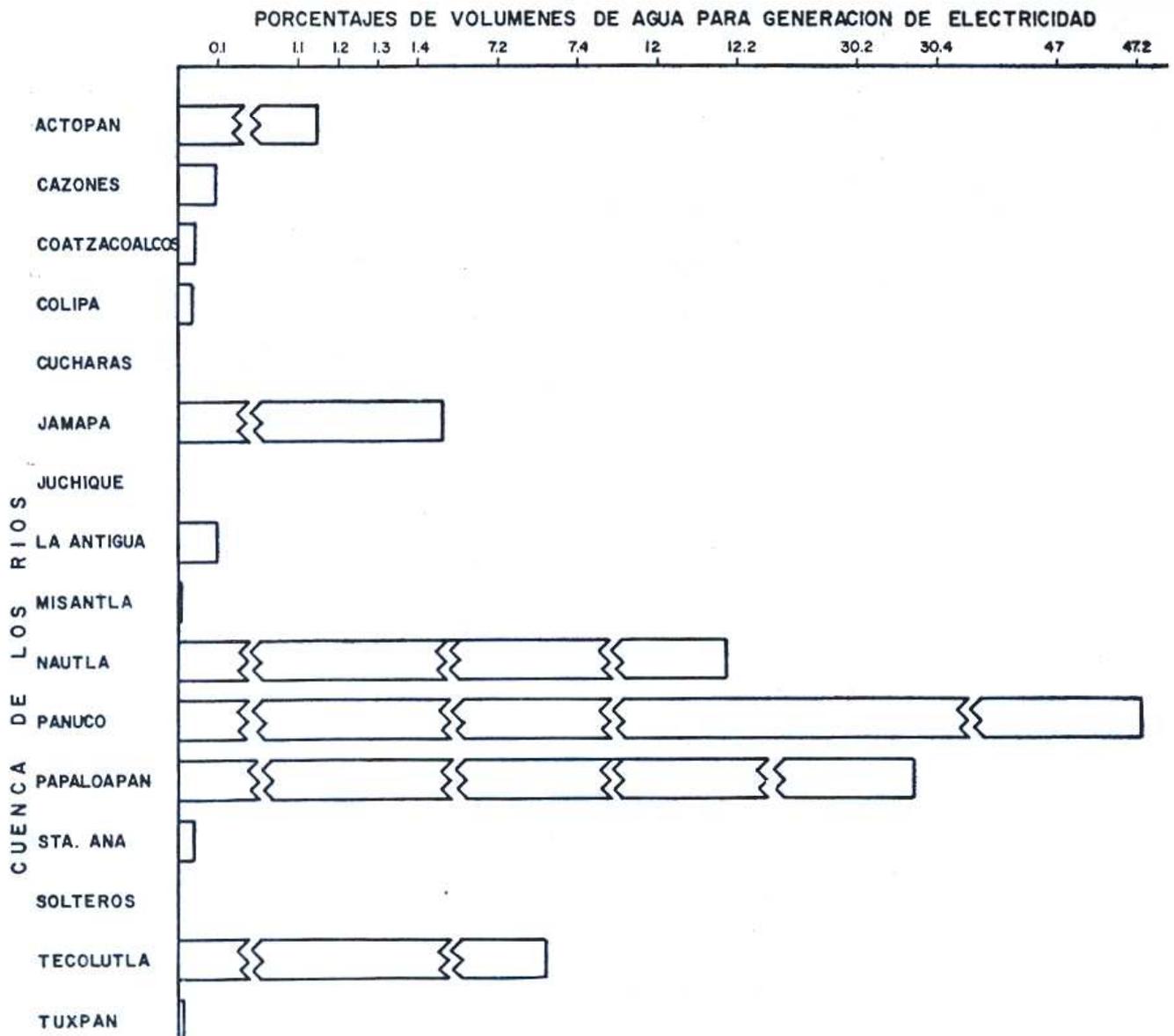
<i>Cuenca de los ríos</i>	<i>Volumen en m³ 27</i>	<i>% de la región</i>
Actopan	956 035 400	1.152
Cazones	75 596 400	0.097
Coatzacoalcos	36 595 400	0.044
Colipa	27 782 700	0.033
Cucharas	1 576 800	0.001
Jamapa	1 255 150 600	1.461
Juchique	4 541 200	0.005
La Antigua	750 622 400	0.107
Misantla	87 052 000	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
Tecolutla	5 941 489 100	7.314
Tuxpan	12 629 400	0.014

²⁵ Comisión Federal de Electricidad, Gerencia General de Operación, *Plantas generadoras y localidades con servicio*. México, 1972, Parte 1a. p. 21-45.

²⁶ Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. *Información computada*.

²⁷ *Idem*.

Fig. 29



Fuente: Según datos de la D. G. U. A. P. C., S. R. H.

Investigad: A. Jiménez R.

El volumen global de agua utilizado para la generación de electricidad es de 80 397 923 524 m³,²⁷ y las mayores cantidades corresponden a las cuencas de los ríos Pánuco, Papaloapan y Nautla.

La navegación

Desde la antigüedad, hasta hoy día, el transporte fluvial sigue siendo el más económico de todos; no requiere de construcción inmediata del medio de desplazamiento, como ocurre con

²⁷ *Idem.*

el terrestre (vías férreas o cinta asfáltica), salvo excepciones en que es indispensable para la expansión o mejoramiento de los medios naturales, como profundización de los ríos o construcción de canales. El movimiento a través de los ríos resulta más barato cuando la red fluvial es extensa y el volumen de carga es significativo.

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

Si se hace un análisis de las condiciones físicas prevalecientes en las grandes regiones del mundo que cuentan con este sistema de transporte, puede apreciarse que la mayoría se localizan en terreno ondulado o de topografía casi plana, y si se comparan con el lugar que aquí interesa, se verá que no todo presenta condiciones apropiadas, ya que lo impiden las fuertes pendientes de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Volcánica Transversal; aun así, la llanura costera del Golfo de México

ofrece características ideales y de hecho es donde algunos de estos ríos son navegables (Fig. 32 y Tabla VIII). El tráfico que se efectúa por estas vías es, en su mayor parte, realizado por canoas y barcazas de poco calado y escasamente por barcos pesqueros y naves de altura.

Los ríos que presentan el más importante tránsito fluvial son: el Pánuco —en el que se localiza el puerto de Tampico— y el Coatzacoalcos —en el que se ubican los puertos de

T A B L A VIII
NAVEGACIÓN²⁸

<i>Cuenca General</i>	<i>Corriente navegable</i>	<i>Profundidad en m.</i>	<i>Distancia en Km. desde su desembocadura</i>
Río Pánuco	Río Pánuco	de 9 a 10	242
	Río Tamesí	5	30
		2.5	6
	Río Tampaón	—	12
Río Tuxpan	Río Tepoal	—	10
	Río Tuxpan	de 7 a 8	12
		de 4.5 a 7.5	53
	Río Zapotal	de 3 a 4	22
Río Cazones	Río Tenechaco	1.5	25
	Río Cazones	—	30
Río Tecolutla	Río Tecolutla	de 2 a 2.5	10
		de .5 a .75	10
Río Nautla	Río Nautla	de 5 a 3	6
		de 2 a 1	31
Río Papaloapan	Río Papaloapan	5	76
		2.5	19
		1.4	15
		.5	65
	Tesechoacán	.6	120
	Tonto	—	120
	Amapa	—	10
	Obispo	—	35
	San Juan	de 5 a 9	30
		.45	15
Río Coatzacoalcos	Río Coatzacoalcos	7.9	75
	Río Calzadas	—	16
	Río Cochapa	—	21
	Río Chiquito	—	41
	Río Uxpanapa	—	122
	Río Chichijapa	—	9
	Río de Francia	—	5
Río Tonalá	Río Tonalá	6	2
		1.8	33
Canal intracostero		1.5	—

²⁸ Universidad Veracruzana. Informe general. *Estado de Veracruz*. Tomo I, p. 326-334.

Minatitlán y el de su nombre—, a través de ellos se transportan productos agrícolas, minerales, materiales de construcción, petróleo y sus derivados, maquinaria, etcétera.

Líneas arriba se mencionó el porqué de la navegación y expansión de este sistema, lo cual viene a corroborar la presencia del canal intracostero que, desde principios de siglo, une los puertos de Tampico, Tamps., y Tuxpan, Ver. a través de las lagunas de Tamiahua y Tampamachoco. Este canal es utilizado por las barcazas de Petróleos Mexicanos, en el transporte de maquinaria y petróleo crudo principalmente; y con su apertura se han incorporado varias poblaciones a este tipo de comunicación.

El turismo

El turismo no es un fenómeno actual, ya que desde la antigüedad se ha venido practicando. En la actualidad el turismo tiene alta significación comparable con cualquier otra diligencia, pues existe una importante interrelación entre él y las demás actividades del hombre, ya que el cansancio que ocasionan las labores cotidianas puede transformar a una persona activa e inteligente en un ser lento e inepto; esto es muy frecuente entre los habitantes de las grandes urbes con centros industriales donde la contaminación y otros problemas locales alteran el estado psíquico del ciudadano, lo que obliga a muchos habitantes de las ciudades de México, Poza Rica, Pachuca, Jalapa y las del corredor industrial de Orizaba, Córdoba y Río Blanco, etc., a desplazarse a los sitios donde puedan lograr reposición energética y espiritual.

El empleo del agua como recurso turístico en la región en estudio está determinado por sus características geográficas; por ejemplo, en las áreas de clima húmedo y con topografía accidentada, los cauces de los ríos que drenan su superficie en algunas ocasiones presentan fuertes rupturas de pendientes formando cascadas o, en otros casos, rápidos; estos últimos son los más comunes en los escurrimientos formadores, sub-subafuentes, afluentes, así como en los colectores generales. Estos sitios, además de constituir un atractivo turístico para el paseante, también hacen posible la pesca deportiva.

Los lugares de mayor importancia para la práctica de la pesca dentro de las aguas continentales se localizan en la figura 32 y también son significativos las lagunas de Tamiahua, Mandinga, Tampamachoco y Alvarado.

En algunos otros lugares como: Tampico, Ciudad Madero, Tuxpan, Tecolutla, Gutiérrez Zamora, Veracruz, Alvarado, Coatzacoalcos y Minatitlán, existen clubes de pesca que organizan, en colaboración con la Secretaría de Turismo, torneos nacionales e internacionales de la pesca del sábalo, que motivan a los aficionados a este deporte.

Los balnearios existentes en la región son numerosos y de todos tipos; los hay marinos, minero-medicinales y deportivos (figura 32), 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 éstas coadyuvan a la recuperación de su salud, o realizar, si así es su deseo, la natación ya sea dentro de una alberca, un río o el mar mismo.

Los balnearios mineromedicinales se localizan en la Altiplanicie Mexicana, la Sierra Madre Oriental, la Sierra Volcánica Transversal y la región de los Tuxtlas, allí donde los efectos de la actividad volcánica todavía persisten, como las características térmicas del agua que ocasionan mayor disolución de los elementos que encuentran a su paso y les da peculiaridades químicas muy diversas. Estas características químicas dependen de la composición de las rocas que entran en contacto con el agua, lo cual le confiere algunas propiedades terapéuticas muy variadas.

Es común que algunos de los balnearios ya citados cuenten, además, con instalaciones deportivas tales como: albercas para nadar, chapotear, u organizar competencias de clavados, waterpolo, etc., y otras complementarias como canchas de vólibol, básquetbol, tenis, etc., o campos de fútbol, béisbol, etc., donde el vacacionista practicará cualesquiera de estos deportes.

En algunos sitios específicos su pueden practicar deportes acuáticos como el remo, el esquí, la vela y otros más que requieren de superficies acuosas de grandes dimensiones, como: las presas Miguel Alemán y Necaxa, y las lagunas de Tamiahua, Tampamachoco, Alvarado y Pueblo Viejo; el lago de Cate-

TABLA IX ²⁹

Procedencia	Contaminante	Efecto	Cuencas de los ríos
Refinerías y pozos petroleros	Derivados petroquímicos: etileno, benceno, aromáticos pesados, tolueno, etc. Sales de plomo, ácidos, álcalis, etc. Petróleo crudo y grasas.	Toxicidad directa, alteración del pH, impide el intercambio gaseoso con la atmósfera, destruye el plancton y el bentos y altera el sabor de las especies.	Pánuco, Cazones, Tuxpan y Tecolutla.
Industria química	Metales pesados: cromo, mercurio, plomo, etc. Residuos biológicos.	Toxicidad directa.	Pánuco y Papaloapan (río Blanco).
Fábricas de papel y celulosa	Compuestos químicos: ácido arsénico, licores sulfatados, azúcar de madera, etc. Fibras de madera y celulosa	Toxicidad directa, obstrucción de las branquias de los peces, alteración del pH.	Pánuco y Papaloapan.
Plantas termoeléctricas	Agua caliente.	Destrucción del plancton y bentos.	Pánuco y Cazones.
Industria alimentaria	Materia orgánica.	Aumento de la demanda bioquímica de oxígeno.	Pánuco y Papaloapan.

²⁹ Este cuadro constituye un resumen de los puntos más significativos de acuerdo con la información proporcionada por las Secretarías de Recursos Hidráulicos y de Salubridad y Asistencia, así como de los siguientes trabajos: Secretaría de Salubridad y Asistencia, Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente, *Algunos Aspectos de la Contaminación del río Coatzacoalcos, Veracruz*. México, 1974.
Ruiz de la Rosa J. Ma. *Efectos de las descargas de los desechos del ingenio a las aguas del río Valles y su influencia en la vida acuática*. Tesis U.A.S.L.P. San Luis Potosí, 1968.
García Sandoval S. *Mortalidad ostrícola en la laguna de Tamiahua, Veracruz, ocurrida en 1963*. Tesis. I.P.N. México, 1974.
Morales J. J. "Contaminación en Orizaba". *Rev. Técnica Pesquera*. Núm. 21. Año II. 25 de Septiembre de 1969. Ed. Mundo Marino, México, 1969.

TABLA IX²⁹ (Continuación)

Procedencia	Contaminante	Efecto	Cuenca de los ríos
Industria azucarera	Materia orgánica: cachaza, bagazo, cal, blanqueadores, hipocloritos, etcétera.	Aumento de la demanda bioquímica de oxígeno y toxicidad directa.	Pánuco, Papaloapan Nautla, Actopan, La Antigua, Jamapa y Tonalá.
Cervecerías y Destilerías	Materia orgánica y alcohol etílico.	Aumento de la demanda bioquímica de oxígeno y toxicidad directa.	Papaloapan (río Blanco).
Tenencias	Salas de cromo, sulfato de sodio, taninos y materia orgánica.	Toxicidad directa, acumulación en las branquias de los peces y aumento en la demanda bioquímica de oxígeno.	Papaloapan (río Blanco).
Aguas negras	Materia orgánica (heces fecales, urca, basura, desechos alimenticios) y detergentes.	Aumento en la demanda bioquímica de oxígeno.	Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Papaloapan, Coatzacoalcos y La Antigua.
Fábricas de hilados y tejidos	Fibras sintéticas, de algodón y lana.	Obstrucción de las branquias de los peces.	Papaloapan (río Blanco).
Minería	Salas de metales, carbón mineral, ácido sulfúrico, cieno ,etc.	Toxicidad directa .	Pánuco.
Asco industrial	Sosa cáustica y fosfatos.	Toxicidad directa y sobre fertilización profunda y superficial del agua.	Pánuco, Coatzacoalcos, Papaloapan y Cazones.
Dragado	Cieno.	Enturbamiento del agua y emigración de las especies.	Pánuco y Coatzacoalcos.

maco y las partes bajas de los colectores generales que cuentan con profundidad apropiada, porque en algunos casos las embarcaciones tienen que ser impulsadas por motores.

En el tema concerniente a morfología también se mencionó el origen hídrico de las grutas, y es en ellas donde el turista puede tener emocionantes aventuras al descender a esas grandes profundidades, algunas de ellas de difícil acceso, e investigar dentro 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. La zona más significativa es Xilitla, en la cuenca del río Pánuco, con numerosas grutas, algunas de ellas sin explorar; las hay someras y también muy profundas, con fuertes acantilados.

III. CONTAMINACIÓN

El hombre siempre se ha preocupado por su bienestar logrado mediante gran desarrollo tecnológico, pero se olvidó de las consecuencias que traería consigo modificar, al mismo tiempo, la armonía del medio en que habita; uno de los trastornos del espacio que le rodea es ocasionado por la contaminación del agua, que consiste en la alteración de sus características físicas, químicas y biológicas.

El agua, en la región que nos ocupa, tiene toda una gama de usos, por ende, los tipos y grados de contaminación son un tanto cuanto diversos (Tabla IX).

Las corrientes que fluyen próximas a las refinerías y pozos petroleros están fuertemente contaminadas y, además de causar los estragos que se mencionan en el cuadro referido, sus residuos sedimentales impiden el desove de los peces y matan los organismos bentónicos. Estudios realizados en la laguna de Tamiahua confirmaron que éstas fueron las causas de la mortalidad ostrícola de 1963, cuando Petróleos Mexicanos hacía exploraciones en su embalse.³⁰

La industria química y farmacéutica ha causado grandes estragos en la cuenca del río

³⁰ García Sandoval S., *Mortalidad ostrícola en la laguna de Tamiahua ocurrida en 1963*. Tesis, Instituto Politécnico Nacional. México, 1966, p. 18.

Blanco, no sólo en la vida acuática, sino también en la terrestre; a tal grado que los ganaderos han tenido que construir sus propios pozos porque el agua envenenada de este escurrimiento provoca abortos en el ganado mayor.³¹

Las aguas sobrecalentadas de las plantas termoeléctricas que son descargadas deliberadamente a las corrientes superficiales, como en la laguna del Chairel, matan a numerosos organismos por las elevadas temperaturas.

Los afluentes sanitarios y de las industrias alimentarias, azucarera y cervecera, con altos contenidos de materia orgánica, propician desoxygenación del agua, ya que los microorganismos desintegradores se multiplican.

Los desechos de las tenerías y los desperdicios químicos que son arrojados a las aguas del río Blanco han contribuido a la ausencia de pesca en la zona de Orizaba y Córdoba; además, los residuos acumulados en la presa Tuxpango causan la muerte de miles de peces, cuando cada año se abren sus compuertas; a esos mismos efectos deben sumarse las aguas servidas en las fábricas de hilados y tejidos, que contienen abundantes fibras textiles.³²

Los residuos de la minería y el constante dragado en el bajo río Pánuco se han manifestado en la emigración de numerosas especies que no han resistido las condiciones actuales que existen frente al puerto de Tampico.

Los escurrimientos formadores arrastran en sus aguas residuos de fertilizantes y pesticidas, desde las áreas donde se aplican; por otro lado, remueven las partes incoherentes del terreno, aumentando la contaminación del agua con los azolves que transportan. En el caso exclusivo de los fertilizantes, estos favorecen en algunos aspectos porque proporcionan al agua los elementos que en un momento determinado pueda carecer, según puntualiza el biólogo Armando Morales, del Instituto Nacional de Pesca; pero en lo que concierne a los materiales de acarreo, dificultan a los peces su alimentación; éste es el caso del río Papaloapan en el que fuertes cantidades de suelo descienden de su cabecera.³³

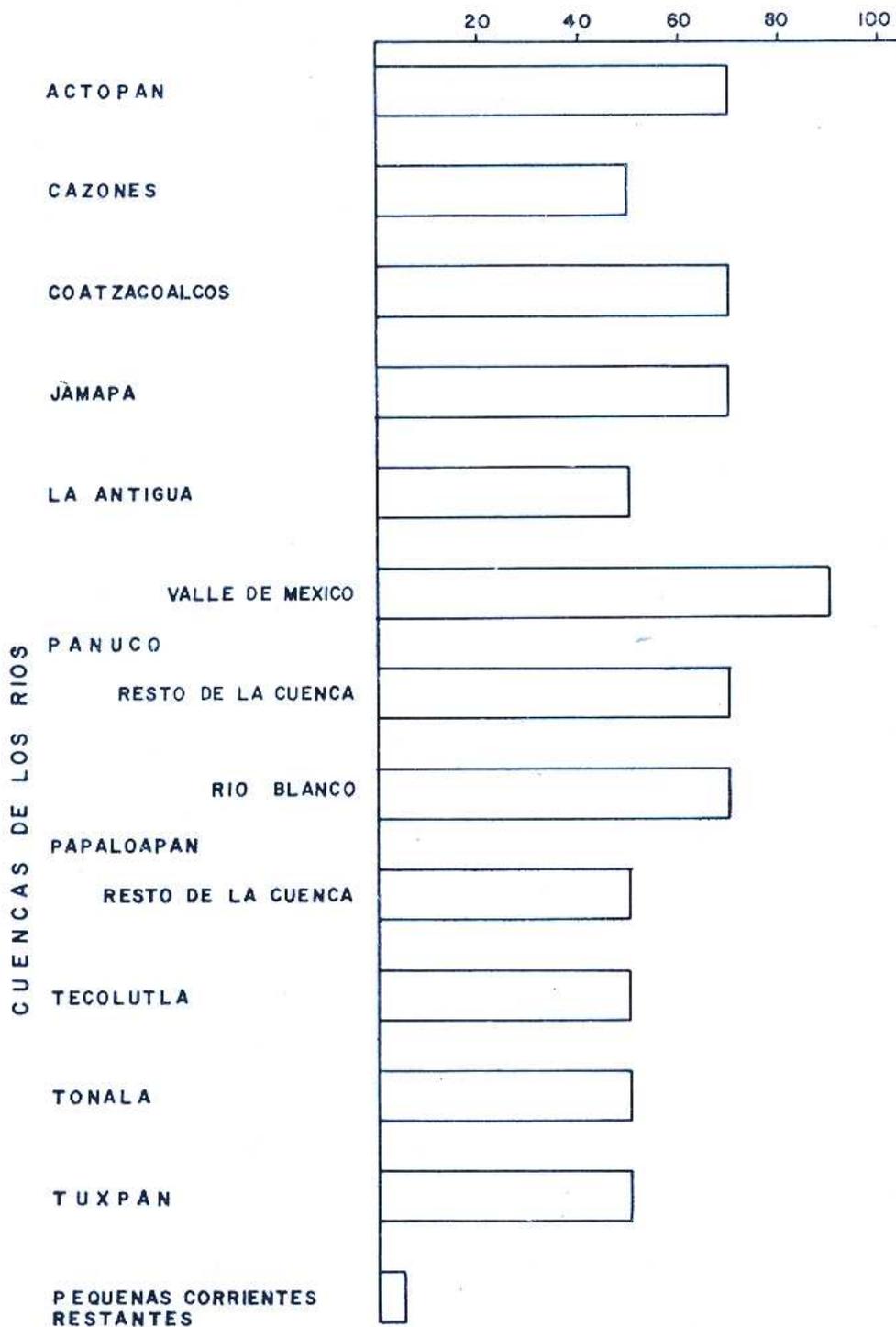
³¹ Morales J. José, "Contaminación en Orizaba" *Rev. Técnica Pesquera*. México, Núm. 21, Año II, Septiembre 25/1969. Ed. Mundo Marino, P. 23-24.

³² *Idem*.

³³ Información verbal.

Fig. 33

PORCENTAJES DEL GRADO DE CONTAMINACION



Fuente: Según datos de la D. G. U. A. P. C. , S. R. H

Investigo: A. Jiménez R.

En general, los grados de contaminación (en porcentaje) de las cuencas de los ríos de la región, son los siguientes (Figuras 33 y 34).³⁴

- a) *Del 100 al 80%:* el río Pánuco (Valle de México).
- b) *Del 80 al 60%:* los ríos Pánuco (excepto el Valle de México), Jamapa, Papaloapan (su afluente el río Blanco) y el 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 desembocan en la laguna de Tamiahua, las que descienden de la región de los Tuxtlas y otras menores localizadas entre las cuencas mencionadas.

Como se observa, las principales cuencas del área en estudio presentan elevada contaminación, y lo que es peor, su avance no ha podido ser detenido porque lo que se está haciendo en este momento resulta insuficiente y el problema se agudiza día con día.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Antes de abordar las conclusiones es necesario subrayar que, dadas las dimensiones de la región, el trabajo representa un amplio panorama, lo cual constituye en sí una mínima parte de los estudios que pueden realizarse no solamente a nivel regional, sino individualmente, de cada una de las cuencas que la constituyen, de ahí que, en algunas ocasiones, parezcan hasta cierto punto muy superficiales; sin embargo, al tratar en el texto cada uno de los aspectos, se dan a conocer sus causas, su origen y el efecto que producen en los ríos que drenan la superficie referida. Si se toma en consideración lo anterior, se puede decir que las características hidrográficas de esta parte de la vertiente oriental de México son el resultado de un conjunto de aspectos no solamente físicos, como a primera vista puede parecer, sino también humanos, que contribuyen a determinar en diversos grados las

peculiaridades actuales de la red de escurrimiento.

En relación con los aspectos físicos, la fisiografía y el clima son los de mayor significación, porque mientras la primera se refiere a las condiciones del terreno, el segundo trata del incremento y decremento del fluido; es decir, entre las características de las áreas drenadas, los elementos fisiográficos representan las condiciones superficiales del medio en que se desplaza una parte de los volúmenes precipitados; de este modo, la disposición en que se encuentra la Sierra Madre Oriental en relación con la línea de costa, se manifiesta de diferentes maneras en los escurrimientos de la región: ya sea proporcionando a cada unidad diversos grados de pendiente, en su mayoría pronunciadas, que facilitan el desalojamiento rápido del agua que en ellas se capta; por otro lado, estos lugares presentan el riesgo de ser fuertemente erosionados por dichos escurrimientos, ya que las aguas tienen un potente poder erosivo, y de hecho así acontece en la mayor parte de las cuencas de estos ríos, especialmente en el Papaloapan, Pánuco y Coatzacoalcos, donde el mal manejo de los suelos y la deforestación, muchas veces incontrolada, de las zonas boscosas han facilitado este trabajo a las corrientes fluviales que, en su evolución, presentan valles profundos de cuyas márgenes y lechos son desprendidos grandes volúmenes de materiales que son transportados por sus aguas y, por ende, se alteran las condiciones hidrográficas de la red. La erosión del suelo en estas cuencas ha contribuido en los escurrimientos masivos que llegan a presentarse, ya que gran parte del agua que pudiera infiltrarse, si las condiciones fueran favorables, se suma al escurrimiento superficial.

Con respecto a las zonas de escasa pendiente, como la llanura costera del Golfo y parte de la Altiplanicie Mexicana, que se incluye en la región de interés, los escurrimientos de estos ríos se comportan en forma diferente a la ya tratada. Por una parte, la escasa pendiente del terreno avenado frena el desalojamiento repentino proveniente de las partes más altas, lo cual constituye un verdadero problema ya que las aguas invaden grandes extensiones y ponen en peligro las poblaciones ribereñas. Estas inundaciones de los ríos arriba citados también se deben a que en la misma llanura los escurrimientos han labrado formas, como los mean-

³⁴ Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación.

dros, que dificultan el desagüe oportuno de esos volúmenes, no así con las numerosas lagunas localizadas en ella, que actúan como vasos naturales de regulación. Cabe agregar que la llanura costera constituye también una zona de depositación de los materiales erosionados, río arriba, por estos mismos escurrimientos, lo cual ha originado grandes áreas que se reflejan en las características de sus cauces y, por ende, el comportamiento de sus aguas.

Los aspectos hidrográficos hasta aquí tratados se refieren a los ríos más importantes de la región; sin embargo, en los escurrimientos de menor significación localizados en la parte central, las características difieren en parte de los hasta ahora vistos, pero también intervienen los elementos fisiográficos. La proximidad a la costa, del sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, ha dado lugar a la formación de cuencas más pequeñas con pendientes más pronunciadas y reducida llanura costera; ambas condiciones del terreno hacen que estas corrientes tengan un área de captación más reducida y, por tanto, menores volúmenes que son drenados con mayor facilidad; aun así, en su escasa llanura sus aguas cubren áreas pequeñas durante las avenidas.

La geología de los elementos fisiográficos y la morfología de los mismos intervienen en las características hidrográficas de la región, sobre todo en los sistemas de avenamiento entre los que sobresalen el dendrítico, principalmente en los sistemas montañosos de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Volcánica Transversal, donde también es notorio el paralelismo de las líneas de drenaje que en conjunto representan un eficiente desalojamiento de sus aguas; sin embargo, en la llanura costera la modalidad anárquica de los canales resulta todo lo contrario. Por otra parte, la naturaleza geológica de algunas zonas de la cuenca del río Pánuco ha contribuido a que en varias de ellas se desarrolle escurrimiento subterráneo.

El régimen de escurrimiento de estos ríos está interrelacionado con las condiciones climáticas, principalmente con la precipitación, porque ésta es la fuente principal de su alimentación, y el incremento de caudales presenta una marcha casi paralela con el comportamiento pluviométrico del año; es decir, los volúmenes mayores se registran en el verano y principios del otoño, correspondiente a la época de lluvias

que predomina en la región, mientras que durante el estiaje las reservas del subsuelo y las escasas precipitaciones hacen posible el escurrimiento superficial. Por otra parte, y en relación con la alimentación, la fisiografía tiene un papel muy importante, sobre todo en los sistemas montañosos mencionados, ya que como factor climático también interviene en la distribución de las lluvias, a tal grado que en ellos se localizan las zonas de captación de la mayoría de estas cuencas. De esta manera, puede considerarse que, generalmente, a las cuencas con climas más húmedos y de acuerdo con las dimensiones de las mismas corresponden mayores volúmenes de escurrimiento. No puede dejar de mencionarse el caso particular del río Pánuco, pues si bien es cierto que en el noroeste cuenta con una vasta zona de lluvias escasas y que tiene grandes aprovechamientos, el tamaño del espacio drenado, con climas más húmedos en su mayor extensión, y los aportes de las aguas servidas de la ciudad de México y el área metropolitana, captadas en gran parte en la cuenca del río Lerma, le hacen tener fuertes descargas.

En cuanto a los factores humanos, constituyen aspecto muy importante que ha influido en las condiciones hidrográficas del área en cuestión, porque existen en la red diversas obras hidráulicas que alteran el flujo original de estos ríos, entre los que sobresalen: el Papaloapan, Pánuco, Tecolutla y Nautla principalmente; obras que, con la finalidad de controlar sus avenidas o destinar parte de sus aguas a algún aprovechamiento, modifican notablemente sus ciudades.

Es innegable el alto costo que significa la dotación de agua potable a los centros de población de la región, cuando se toma directamente de los ríos, ya que sus cauces están expuestos al mal uso que el hombre mismo pueda darle; sin embargo, debido al alto crecimiento demográfico, el servicio de estas fuentes se ha incrementado considerablemente, por lo que es necesario mayor frecuencia en el análisis del preciado líquido, con el fin de que cumpla su principal objetivo: la salud del usuario; esta recomendación se hace dado el incremento de la contaminación en estos escurrimientos.

El agua para riego también se encuentra estrechamente ligada a las características clima-

tológicas del área; pero independientemente de las condiciones edáficas, se observa que existen zonas cuyo grado de humedad no es favorable al incremento agrícola, especialmente el norte, noroeste y oeste de la región; para corregir esto es recomendable un uso adecuado para evitar desperdicios, ya que el exceso del vital líquido no solamente daña los cultivos, sino también los suelos cuyas partículas y residuos son arrastrados hasta los ríos, alterando sus características; el aprovechamiento racional ayudaría, en parte, a la apertura de nuevas tierras.

El desarrollo industrial de la región ha propiciado una demanda considerable y diversificada del agua, principalmente en grandes centros fabriles y petroleros; su abastecimiento incluso ha implicado su conducción desde otras cuencas, hacia donde es requerida. Es posible afirmar que, en este sentido, algunos centros industriales no han dado un aprovechamiento debido a este recurso, porque en escasos de ellos se hace una reutilización del agua; por supuesto, se exceptúan aquellos casos en que se requieren altos grados de pureza; lo positivo en esto, además del ahorro del recurso, es la reducción de las descargas de residuos contaminantes a las corrientes.

La navegación fluvial ha tenido poco desarrollo porque quizá se ha carecido de una buena planeación vial acorde con la terrestre, aun así, dentro del marco nacional es donde más auge ha tenido; pero en vista de lo económico que resulta este tipo de transporte, sería necesario hacer una reconsideración al respecto y realizar estudios destinados a integrar una verdadera red en la que se aprovecharan las condiciones geográficas que ofrece la llanura costera, para unir o abrir nuevos centros de producción o consumo de materias primas o ya elaboradas, a fin de que no suceda lo mismo que con el canal intracostero el cual, por su escasa longitud e impulso al medio de transporte, se ha convertido en un fracaso.

Los aprovechamientos hidroeléctricos de la región son muy significativos, pues a pesar del uso tan importante en estas cuencas, quedan en algunos lugares susceptibles de explotación, como las de los ríos Coatzacoalcos, Cazonas y Tonalá, lo cual significa un ahorro importante de hidrocarburos, porque dentro de los diversos tipos de generación existentes, éste resulta ser el más económico cuando se recupera

el capital invertido. Es indudable que la utilización del agua con fines hidroeléctricos altera las condiciones del medio por las instalaciones que requieren las plantas, pero el recurso agua no se contamina como sucede con otros aprovechamientos, porque el fluido que retorna a los cauces no sufre modificación alguna.

Las características desde el punto de vista piscícola, en algunas partes del área resultan ser satisfactorias para el buen desarrollo o inicio de esta actividad, no obstante que en parte es frenada por la contaminación, o estancada por el atraso técnico de las personas que la practican, por lo que urge dar mayor impulso a esta actividad si se quieren mejorar las condiciones nutricionales y económicas de la región de nuestro interés.

La presencia del agua en el panorama turístico de este lugar, tiene importancia porque existen numerosos sitios que pueden ser visitados por paseantes, y aunque algunos no cuentan con instalaciones apropiadas, dan oportunidad a los vacacionistas de estar más en contacto con la naturaleza, y al inversionista establecerse en ellos.

La mayoría de los balnearios no han sido explotados convenientemente; aun así, en algunos existen hoteles, restaurantes, etcétera. Por otra parte, los parajes del área son numerosos, algunos con hermosas cascadas; desgraciadamente, muchas de ellas han desaparecido debido a los aprovechamientos hidroeléctricos, pero pudiera ser posible que existieran algunas más que el público desconoce por lo apartado de sus ubicaciones y la falta de información al respecto.

Los recursos disponibles para éstos y otros aprovechamientos siguen siendo significativos, pero disminuyen a pasos agigantados por los cambios que el medio ha experimentado y el aumento en la demanda del preciado líquido.

Uno de los problemas más importantes que afronta este recurso en la región, es la contaminación como consecuencia del uso en la industria y en el hogar, cuyos efluentes son vertidos a los cauces, con un alto grado de sustancias tóxicas que causan molestias tanto a la vida acuática como a la terrestre.

La basura arrojada a las corrientes es más bien un problema de educación y descuido de los habitantes que hacen caso omiso de las advertencias de los medios masivos de difusión, y

es precisamente en estos momentos cuando la ley tiene que hacer valer su autoridad aplicando fuertes sanciones a todos los individuos que alteren el medio; las mismas medidas deben tomarse en lo que respecta a las personas que arrojan 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 ponérseles 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, con mayor razón se podrá aplicar todo el peso de la ley a los que se muestren renuentes a hacerlo, sobre todo a los industriales irresponsables que, por lo general, piensan que dichas instalaciones merman sus ganancias, lo cual consideran más importante que el bienestar de la comunidad a la que pertenecen; por esto, así como existe una ley sobre inversiones que establece determinadas normas a los capitales extranjeros, en esta misma forma es conveniente exigir a los inversionistas el tratamiento de sus aguas servidas. Pero no debe concentrarse a simples proyectos y a leyes que jamás se cumplan, sino que es urgente actuar de inmediato y con energía, estableciendo una vigilancia estrecha de todos los establecimientos, seguida de continuos estudios por verdaderos especialistas en la materia, que tengan conciencia del valor que representa la conservación del medio acuático, y no esperar que el problema se agudice para poder empezar, lo cual implica un alto costo, un esfuerzo supremo y grandes molestias que de ninguna manera devolverán a los escurrimientos sus peculiaridades primigenias. Estos trabajos deberán ser encaminados a exponer la magnitud del problema y a hacer sugerencias

para que los empresarios instalen en sus factorías plantas tratadoras de desechos antes de que se viertan a los ríos, al drenaje municipal o a cuerpos de agua; es decir, que reúnan características aceptables para evitar el menor daño a los seres vivos, de acuerdo con reglas preestablecidas; porque el agua, como cualquiera otro medio, tiene el poder de autopurificarse, pero antes de arrojar sustancias extrañas a los cauces, es necesario observar algunas de las características de éstos, ya que en la época de estiaje o de escasa precipitación y alta evaporación, lo mismo que cuando el terreno es casi plano, los escurrimientos pueden ser escasos o plácidos, o ambas cosas, lo cual está en relación con el grado de contaminación, porque los contaminantes no se diluyen y la reposición de oxígeno no cubre la demanda bioquímica.

Para atacar el problema de la contaminación en los ríos de la región es necesario abordar el problema desde varios puntos de vista:

- a) *Educacional*. En el cual se engloben las campañas tendientes a orientar al público sobre el papel que representa el medio en la vida de todo ser, y las consecuencias que ocasiona su descuido.
- b) *Jurídico*. Dada 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 se les someta al orden para que se pueda conservar el medio hasta donde sea posible.
- c) *Económico*. Es posible que muchos industriales no cuenten con suficiente capital para dotar a sus establecimientos de instalaciones para el tratamiento de sus efluentes, por lo que es recomendable que se asocien con otros que tengan ese mismo problema y, así, lo resuelvan conjuntamente, o, si el Estado tiene los suficientes recursos económicos, puede tratar en sus propias plantas las aguas industriales servidas, cobrando una cuota adecuada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcorta Guerrero Ramón, "Esquema Gráfico de México", *Atlas Caminos de México*, Ed. Galas de México, 1964.
- Alvarez Manuel, *Geología de México*, Fac. de Ingeniería, UNAM, México, 1970.

- Billing, W. D., *Las Plantas y el Ecosistema*, Ed. Herrero Hermanos y sucesores, S. A. México, 1958.
- Blásquez L. Luis, "Hidrología de la Cuenca Superior de los Ríos Jamapa y una parte del Río

- Blanco", *Anales del Instituto de Geología*, Tomo XII, Instituto de Geología, UNAM, México, 1957.
- Bonet Federico, "Cuevas de la Sierra Madre en la Región de Xilitla", *Rev. Espeleología Mexicana*, Instituto de Geología, UNAM, México, 1953.
- Cano Vicario A., *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.
- Comisión Federal de Electricidad, *Plantas Generadoras y Localidades con Servicio*, México, 1972.
- Cruz Orozco Rodolfo, *Sedimentología de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México*, Tesis, IPN, México, 1966.
- Departamento de Turismo, *Balnearios de México*, México, 1969.
- Derruau Max, *Geomorfología*, Ed. Ariel, S. A., Barcelona, 1966.
- García A. Enriqueta, *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*, Instituto de Geografía, UNAM, México, 1973.
- García A. Enriqueta y Falcón de G. Zaida, *Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana*, Ed. Porrúa, S. A., México, 1974.
- García Sandoval S., *Mortalidad Ostrícola en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, ocurrida en 1963*, Tesis, IPN, México, 1964.
- Guilcher André, *Morfología Litoral y Submarina*, Ed. Omega, S. A. Barcelona, 1967.
- Ocampo S. D., *Canal Intracostero Mexicano*, Secretaría de Marina.
- Odum Eugene P., *Ecología*, Ed. Interamericana, S. A., México, 1972.
- Ordóñez Ezequiel, *Principales provincias Geográficas y Geológicas de la República Mexicana*, Instituto de Geología, UNAM, México, 1946.
- 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.
- Jones C. L. y Darkenwald G. G., *Geografía Económica*, Ed., Fondo de Cultura Económica, México, 1971.
- Lorente J. Ma., *Meteorología*, Ed. Labor, S. A., Madrid, 1966.
- Maderey R. L. E., *Balance Hidrológico de la Cuenca del Río Tizar*, Durante el Periodo 1967-1968, Tesis, México, 1971.
- Morales, J. J., "Contaminación en Orizaba", *Rev. Técnica Pesquera*, Núm. 21, Año II, Sep. 25, 1969, Ed. Mundo Marino, México, 1969.
- Remenieras, G., *Tratado de Hidrología Aplicada*, Ed. Técnicos Asociados, S. A. Barcelona, 1971.
- Ruiz de la Rosa J. M., *Efectos de las Descargas de los Desechos del Ingenio a las Aguas del Río Valles y su Influencia en la Vida Acuática*, Tesis, Escuela de Ciencias Químicas, UASLP, San Luis Potosí, 1968.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, D. G. R., *Características de los Distritos de Riego*. Tomo I y II. México, 1970.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, D. G. H., *Boletín Hidrológico Núm. 18*, Comisión del Papaloapan, México, 1970.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, D. G. H. *Boletín Hidrológico Núm. 32*, Región Hidrológica Núm. 26, Tomos I y II, México, 1968.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, D. G. H., *Boletín Hidrológico Núm. 37*, Región Hidrológica Núm. 23-29, México, 1969.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, D. G. H., *Boletín Hidrológico Núm. 43*, Región Hidrológica Núm. 28, México, 1971.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia, S.M.A., *Algunos Aspectos de la Contaminación del Río Coatzacoalcos, Veracruz, México*, 1974.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, CHCVM, *Infiltración Artificial en la Cuenca del Valle de México*, México, 1963.
- Tamayo J. L., *Geografía General de México*, Tomos I y II, Ed. Libros de México, S. A., México, 1961.
- Tamayo J. 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.
- Thombury William D., *Principios de Geomorfología*, Ed. Keditorial Kapelus, Buenos Aires, 1960.
- Universidad Veracruzana, I. C., *Informe General*, Estado de Veracruz, Tomos I y II.
- Viers Georges, *Geomorfología*, Ediciones Oikostau, S. A., Barcelona, 1973.
- Vivó Jorge A., *Geografía de México*, Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1946.

MATERIAL CARTOGRÁFICO

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

<i>Hojas</i>	<i>Hojas</i>
14Q-I San Luis Potosí	14Q-VI Veracruz
14Q-II Tampico	14Q-VIII Oaxaca
14Q-III Querétaro	14R-VII Monterrey
14Q-IV Pachuca	15Q-V Coatzacoalcos
14Q-V México	15Q-VII Tuxtla Gutiérrez

Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, *Mapa de Contaminación de los Ríos de la República Mexicana*. Inédito.
 Raisz Erwin, *Carta Fisiográfica de la República Mexicana*. Comisión Intersecretarial Coordinadora del Levantamiento de la Carta Geográfica de la República Mexicana, *Mapa Topográfico*. México, 1958. Escala 1:500 000.

<i>Hojas</i>	<i>Hojas</i>
14Q-I San Luis Potosí	14Q-VI Veracruz
14Q-II Tampico	14Q-VIII Oaxaca
14Q-III Querétaro	14Q-VII Monterrey
14Q-IV Pachuca	15Q-V Coatzacoalcos
14Q-V México	15Q-VII Tuxtla Gutiérrez

Instituto de Geología y Comité de la Carta Geológica de México, *Carta Geológica de la República Mexicana*, México, 1956.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Secretaría de Recursos Hidráulicos. Información Computada de Uso.
 Secretaría de Recursos Hidráulicos. Datos Climatológicos.
 Secretaría de Recursos Hidráulicos. Información de contaminación.
 Secretaría de Agricultura y Ganadería. Servicio Meteorológico Nacional. Datos Climatológicos.
 Secretaría de Salubridad y Asistencia. Subsecretaría del Mejoramiento.