

# Hidrología

DOMITILO PEREYRA DÍAZ · JOSÉ ANTONIO AGUSTÍN PÉREZ SESMA  
MARÍA DEL ROCÍO SALAS ORTEGA



### **DOMITILO PEREYRA DÍAZ**

Licenciado en Física por la Universidad Veracruzana, con maestría en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador de tiempo completo y coordinador del Grupo de Hidrometeorología de la Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas de la UV. Ha publicado: 28 artículos en revistas nacionales e internacionales (con arbitraje), tres textos universitarios, ocho capítulos de libros, 27 artículos en extenso en memorias de congreso y ha escrito 20 informes técnicos para instituciones gubernamentales. Principales revistas donde ha publicado: *Atmósfera*, *Geofísica Internacional*, *International Journal of Biometeorology*, *Universidad y Ciencia e Investigación y Ciencia*. Es profesor con Perfil Deseable Promep desde 1997.

### **JOSÉ ANTONIO AGUSTÍN PÉREZ SESMA**

Licenciado en Física por la Universidad Veracruzana, con maestría en Geografía Ambiental por la Universidad Nacional Autónoma de México. Académico de carrera de tiempo completo y miembro del Grupo de Hidrometeorología de la Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas de la UV. Principales artículos publicados: “Hidrología de Superficie y Precipitaciones Intensas 2005 en Veracruz” (2006), edición UV-Covecyt; “Ecuaciones de lluvia intensa generalizada para obtener precipitaciones máximas de corta duración” (2006), revista *GEOS* (arbitrada); “Escenarios futuros de los recursos hídricos para las regiones hidrológicas que drenan el estado de Veracruz, México” (2008), edición Gobierno del Estado de Veracruz-Inecol.

### **MARÍA DEL ROCÍO SALAS ORTEGA**

Ingeniera Química por la Universidad Veracruzana, candidata a la maestría en Ciencias de la Tierra por la Universidad Nacional Autónoma de México. Colaboradora del Grupo de Hidrometeorología de la Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas de la UV. Principales artículos publicados en congresos de carácter internacional: “Environmental Assessment of a System of Water-Springs in Jalapa, East Central Mexico”, 2008, edición Sociedad Geológica Americana, EUA; “Caracterización hidrogeoquímica de un sistema de manantiales ubicados en el sector Oriental de la Faja Volcánica Transmexicana”, 2008, edición 4º Simposio Internacional sobre recursos naturales Bosque-Suelo-Atmósfera. Tlaxcala, Tlax., México.

---

**LOS RECURSOS NATURALES** son los elementos y fuerzas de la naturaleza que la humanidad utiliza y aprovecha para su subsistencia. Estos recursos naturales son la base de la explotación económica y fuentes de riqueza. Por ejemplo, los minerales, el suelo, los animales y las plantas constituyen recursos naturales que el hombre explota directamente para su beneficio. De igual forma, los combustibles, el viento y el agua pueden ser utilizados como recursos naturales para la producción de energía. La utilización óptima de un recurso natural depende del conocimiento que la humanidad tenga respecto de la explotación del mismo, es decir de la tecnología que haya desarrollado, así como de las leyes que rigen la conservación del recurso.

La conservación del medio ambiente debe considerarse como un sistema de medidas sociales, socioeconómicas y técnico-productivas dirigidas a la utilización racional de los recursos naturales, la preservación de los complejos naturales típicos —escasos o en vías de extinción—, así como la defensa del medio ante la contaminación y la degradación.

Las comunidades primitivas no ejercieron gran impacto sobre los recursos naturales que explotaban, pero cuando se formaron las primeras concentraciones de población, el medio ambiente empezó a sufrir los primeros daños de consideración. En la época feudal aumentó el número de áreas de cultivo, se incrementó la explotación de los bosques y se desa-

rollaron la ganadería y la pesca, entre otras actividades. No obstante, la revolución industrial y el surgimiento y desarrollo del capitalismo fueron los factores que más drásticamente incidieron en el deterioro del medio ambiente, al acelerar los procesos de contaminación del suelo y del agua por el auge de la industria, la explotación desmedida de los recursos naturales y el crecimiento demográfico. De ahí que la humanidad tenga hoy que aplicar medidas urgentes para proteger los recursos naturales y aun para revertir la amenaza de la degradación ambiental a su propia supervivencia.

Los recursos naturales pueden considerarse de dos tipos: *renovables* y *no renovables*. La diferencia entre unos y otros está determinada por la posibilidad que tienen los renovables de ser usados una y otra vez, siempre que la humanidad cuide de la regeneración.

Las plantas, los animales, el agua, el suelo, entre otros, constituyen recursos renovables, siempre que sean explotados de forma tal que se permita su regeneración natural o inducida por la humanidad. Por su parte, los minerales y el petróleo constituyen recursos no renovables porque se requirieron complejos procesos que demoraron miles de años para que se formaran. Esto implica que una vez utilizados, no puedan ser regenerados. Todo esto nos debe hacer reflexionar sobre el cuidado que debe tener la humanidad al explotar los recursos que le brinda la naturaleza.

## EL AGUA

El agua, al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la Tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. No es usual encontrar el agua pura en forma natural, aunque en el laboratorio puede llegar a obtenerse; también ahí se puede descomponer en sus elementos constituyentes, que son el hidrógeno (H) y el oxígeno (O). Cada molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, unidos fuertemente en la forma H-O-H.

En nuestro planeta el agua ocupa la mayor proporción respecto de las tierras emergidas, y se presenta en diferentes formas:

- *Mares y océanos*, que contienen una alta concentración de sales y que llegan a cubrir 71% de la superficie terrestre;
- *Aguas superficiales*, que comprenden ríos, lagunas y lagos;
- *Aguas del subsuelo*, también llamadas *aguas subterráneas*, por fluir por debajo de la superficie terrestre.

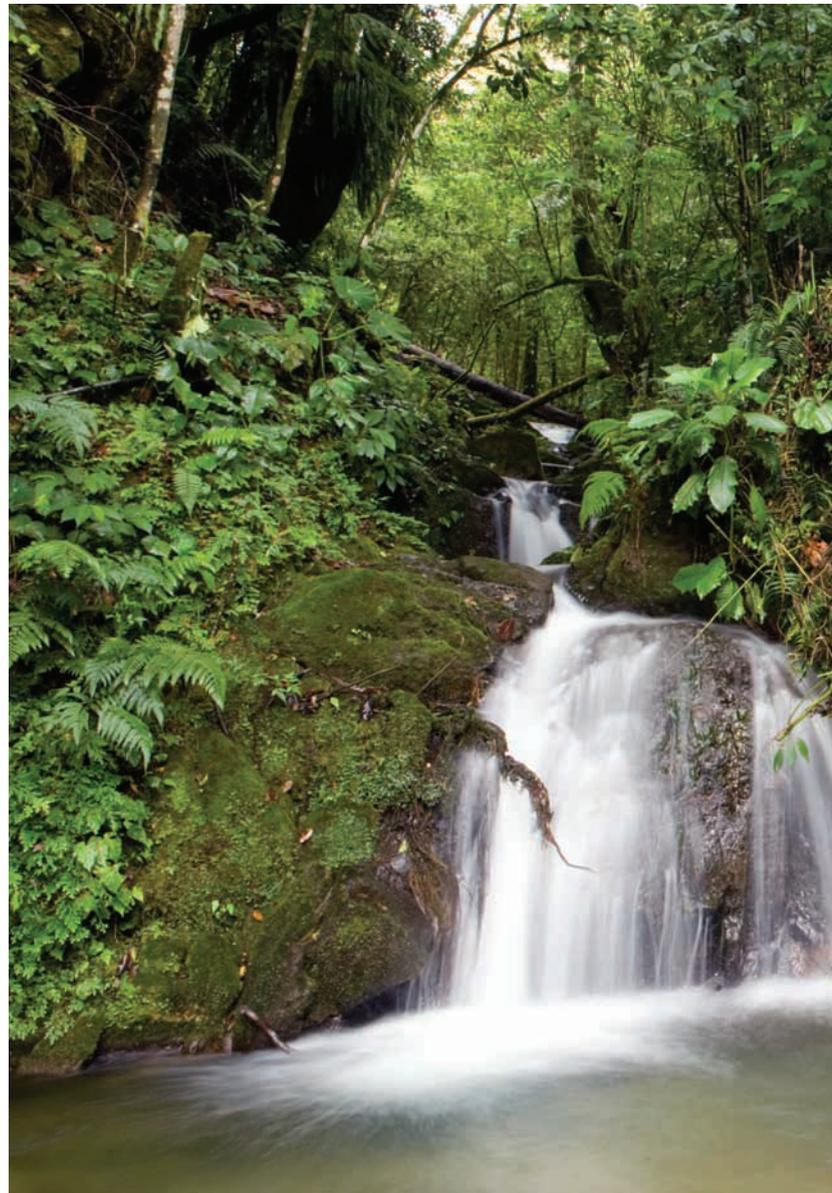
### Importancia del agua para la vida

La vida en la Tierra ha dependido siempre del agua. Las investigaciones revelan que la vida se originó en el agua. Los grupos zoológicos que han evolucionado hacia una existencia terrestre siguen manteniendo dentro de ellos su propio medio acuático, encerrado y protegido contra la evaporación excesiva.

El agua constituye más de 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos, e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos. Desempeña de forma especial un importante papel en la fotosíntesis de las plantas y, además, sirve de hábitat a una gran parte de los organismos. Dada la importancia del agua para la vida de todos los seres vivos, y debido al aumento de las necesidades de ella por el continuo crecimiento y desarrollo de la humanidad, el hombre está en la obligación de proteger este recurso y evitar toda influencia nociva sobre las fuentes del preciado líquido.

Es práctica común ubicar industrias y asentamientos humanos a la orilla de las corrientes de agua, tanto para utilizar el líquido como, al mismo tiempo, para verter los residuos del proceso industrial y de la actividad humana en las corrientes.

Esto trae como consecuencia la contaminación de las fuentes de agua y, por consiguiente, la pérdida de grandes volúmenes de este recurso. En la actualidad, ya muchos países que se preocupan por la conservación prohíben esta práctica y exigen el tratamiento de los residuos hasta alcanzar medidas admisibles para la salud humana. Es un deber de todos cuidar nuestros recursos hídricos, así como crear la conciencia de que el agua es uno de los recursos más preciados de la naturaleza, por el papel que desempeña en la vida de todos los seres vivos.



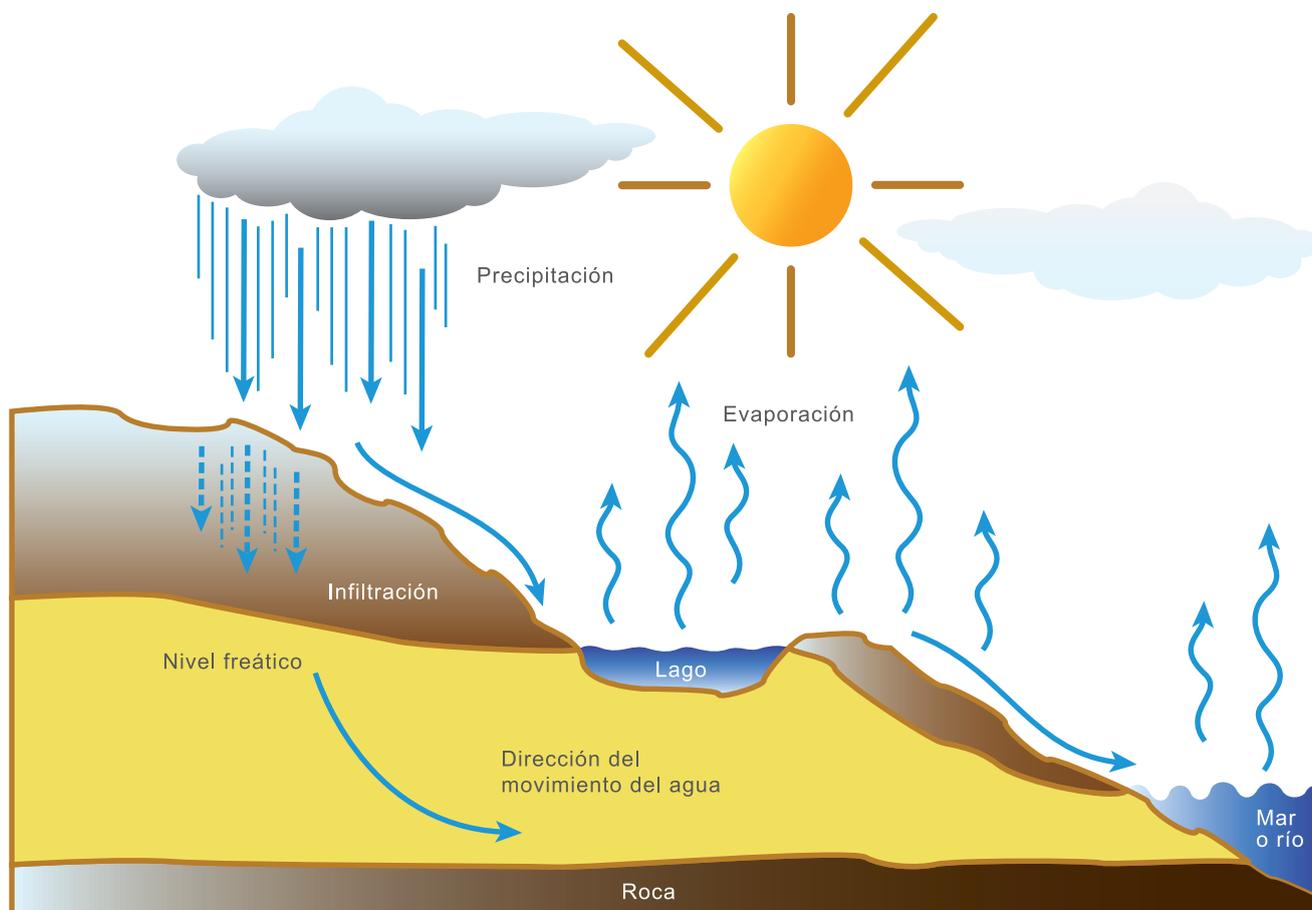
## EL CICLO DEL AGUA

Se considera que la cantidad total de agua que existe en la Tierra, en sus tres fases: sólida, líquida y gaseosa, se ha mantenido constante desde la aparición de la humanidad. El agua de la Tierra —que constituye la *hidrosfera*— se distribuye en tres reservorios principales: los océanos, los continentes y la atmósfera, entre los cuales existe una circulación continua —el *ciclo del agua* o *ciclo hidrológico*—. El movimiento del agua en el ciclo hidrológico es mantenido por la energía radiante del sol y por la fuerza de la gravedad.

El ciclo hidrológico se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida. La transferencia de agua desde la superficie de la tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor de agua, se debe a la *evaporación* directa, a la *transpiración* por las plantas y animales y a la *sublimación* (paso directo del agua sólida a vapor de agua). La cantidad de agua movida,

dentro del ciclo hidrológico, por el fenómeno de sublimación es insignificante con relación a las cantidades movidas por evaporación y por transpiración, cuyo proceso conjunto se denomina *evapotranspiración*.

El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y se condensa luego de haber recorrido distancias que pueden sobrepasar 1,000 km. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes y, posteriormente, a precipitaciones. Éstas pueden ocurrir en la fase líquida (*lluvia*) o en la fase sólida (*nieve* o *granizo*). El agua precipitada en la fase sólida se presenta con una estructura cristalina, en el caso de la nieve, y con estructura granular, regular en capas, en el caso del granizo. La precipitación incluye también, el agua que pasa de la atmósfera a la superficie terrestre por condensación del vapor de agua (*rocío*), por congelación del vapor (*helada*) y por intercepción de las gotas de agua de las nieblas (nubes que tocan el suelo o el mar).



El agua que precipita en tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación. Otra parte escurre por la superficie del terreno —escorrentía superficial—, se concentra en canales saturados y va a originar las corrientes. El agua restante se infiltra, esto es, penetra en el interior del suelo; esta agua infiltrada puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o infiltrarse hasta alcanzar las capas freáticas. Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desaguan en lagos y en océanos.

La escorrentía superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber cesado ésta. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen. Así, los cursos de agua alimentados por capas freáticas presentan unos caudales más regulares.



Como se dijo anteriormente, los procesos del ciclo hidrológico ocurren en la atmósfera y en la superficie terrestre, por lo que se puede dividir el ciclo del agua en dos ramas: aérea y terrestre.

El agua que precipita sobre los suelos va a repartirse, a su vez, en tres grupos: la que es devuelta a la atmósfera por evapotranspiración, la que produce escurrimiento superficial y la que lo tiene subterráneo. Esta división está condicionada por varios factores, unos de orden climático y otros dependientes de las características físicas del lugar donde ocurre la precipitación.

Así, la precipitación, al encontrar una zona impermeable, origina escurrimiento superficial y la evaporación directa del agua que se acumula y queda en la superficie. Si ocurre en un suelo permeable, poco espeso y localizado sobre una formación geológica impermeable, se produce entonces escurrimiento superficial, evaporación del agua que permanece en la superficie y aun evapotranspiración del agua que fue retenida por la cubierta vegetal. En ambos casos, no hay escurrimiento subterráneo. Éste ocurre en el caso de una formación geológica subyacente permeable y espesa.

La energía solar es la fuente de energía térmica necesaria para el paso del agua desde las fases líquida y sólida a la fase de vapor, y también es el origen de las circulaciones atmosféricas que transportan el vapor de agua y mueven las nubes. Por otro lado, la fuerza de gravedad da lugar a la precipitación y al escurrimiento. El ciclo hidrológico es un agente modelador de la corteza terrestre debido a la erosión y al transporte y deposición de sedimentos por vía hidráulica; condiciona la cobertura vegetal y, de una forma más general, la vida en la Tierra.

El ciclo hidrológico puede ser visto, en una escala planetaria, como un gigantesco sistema de destilación, extendido por todo el Planeta. El calentamiento de las regiones tropicales debido a la radiación solar provoca la evaporación continua del agua de los océanos, la cual es transportada, por la circulación general de la atmósfera, en forma de vapor de agua a otras regiones. Durante la transferencia y debido al enfriamiento, parte del vapor de agua se condensa y forma nubes que originan la precipitación. El regreso a las regiones de origen resulta de la acción combinada del escurrimiento proveniente de los ríos y de las corrientes marinas.

**MAPA 1. PRINCIPALES RÍOS QUE DRENAN EL ESTADO DE VERACRUZ Y QUE DESEMBOCAN EN EL GOLFO DE MÉXICO**



**HIDROGRAFÍA**

Por sus características hidrológicas y en función de los límites de cuencas hidrológicas establecidos por la Comisión Nacional del Agua, en la costa veracruzana se delimitan cuatro regiones hidrológicas de norte a sur: RH-26 Pánuco, RH-27 Norte de Veracruz o Tuxpan-Nautla, RH-28 Papaloapan y RH-29 Coatzacoalcos. En esta sección se presenta una breve descripción hidrográfica de las cuencas que drenan al estado de Veracruz y desembocan al Golfo de México, como se muestra en el **MAPA 1** (Pereyra y Pérez, 2005).

**Región Hidrológica 26. Pánuco**

El sistema fluvial determinante es la cuenca del río Pánuco, y de manera secundaria los ríos Tamesí y Moctezuma. En esta región se ubica la laguna de Pueblo Viejo con una extensión de 90.9 km<sup>2</sup>, además de otras lagunas de menor extensión interconectadas por diversos esteros.

Esta región presenta valores bajos, con respecto a las otras, en extensión de la cuenca, en superficie de manglar y en descarga fluvial. Abarca una extensión de 11,501 km<sup>2</sup> (15.7%

del total de las regiones hidrológicas presentes en el estado de Veracruz y 13.43% del total de la superficie territorial estatal). La extensión total de manglar para esta región es de 6.61 km<sup>2</sup>, que representa 1.51% del total del estado. La descarga fluvial es de 14,057 millones de metros cúbicos, lo que representa 13.26% del total estatal.

Es una de las corrientes más importantes de la República Mexicana, ocupa el cuarto lugar en superficie y el quinto en lo que se refiere a volúmenes escurridos. Proporciona grandes beneficios a la región, ya que sus escurrimientos, controlados mediante varias presas, son aprovechados con fines de riego en los estados de Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz, Tamaulipas y Estado de México.

#### Cuenca del río Pánuco

La cuenca del río Pánuco se encuentra situada geográficamente entre los 19° 01' y 23° 50' latitud norte, y entre 97° 46' y 101° 21' longitud oeste (MAPA 2); tiene un área aproximada de 84,956 km<sup>2</sup>, que la sitúa en el cuarto lugar de la República Mexicana, la cual se encuentra distribuida dentro de las siguientes entidades federativas (Conagua, 2005): Estado de México (2.8%), Puebla (0.1%), Hidalgo (20%), Querétaro (11%), Veracruz (12.1%), Guanajuato (6.2%), San Luis Potosí (27.7%), Tamaulipas (19.5%) y Nuevo León (0.6%).

El río Pánuco nace en la cabecera hidrológica del río Tepeji o San Jerónimo, controlado por las presas de Taxhimay y Requena, donde cambia su nombre a río Tula. Sus orígenes se localizan en el cerro de La Bufo, dentro del Estado de México, a una elevación de 3,800 m, en el parteaguas que separa la cuenca del río Lerma y el Valle de México. La corriente se dirige hacia el norte hasta la población de Ixmiquilpan, Hgo., a partir de esta población cambia su curso al noreste hasta su confluencia con el río San Juan a una elevación de 1,640 m, donde recibe el nombre de río Moctezuma y cambia su trayectoria hacia el NNE, que conserva hasta su confluencia con el río Extóraz. En este tramo se empieza a introducir a la Sierra Madre Oriental, donde la topografía es abrupta, incrementándose esta característica a medida que desciende la corriente (Islas y Pereyra, 1990). A los 930 m de altura, recibe por su margen izquierda las aportaciones del río Extóraz, cambia su rumbo hacia el ENE y cruza casi perpendicularmente el macizo de la Sierra Madre Oriental; a la salida, cerca de Tamanzunchale, S. L. P., converge por su margen derecha el río Amajac a 120 m de altura, donde inicia su recorrido por la planicie costera, cambiando su trayectoria hacia el noreste

hasta la confluencia con el río Tempoal. Desde la confluencia del río Tempoal hasta la del río Tampaón, el Moctezuma sigue su recorrido NNE discurriendo por una zona de topografía suave, en la que las máximas elevaciones no exceden los 150 m, existiendo algunas pequeñas lagunas en sus márgenes. A partir de la afluencia del río Tampaón, el río Moctezuma recibe el nombre de río Pánuco y sigue su trayectoria ENE hasta su desembocadura en el Golfo de México.

El último tramo del río Pánuco se caracteriza por su pendiente sumamente suave, con numerosos meandros y lagunas marginales de considerable extensión. Estas lagunas son alimentadas principalmente por los escurrimientos del río Pánuco y sirven como vasos reguladores durante las crecientes. Dichas lagunas predominan en la margen izquierda, contándose entre las más importantes las de Orilla Grande, Tamós, Chairrel y Pueblo Viejo. A 16 km de su desembocadura, en la barra de Tampico, el río Pánuco recibe por su margen izquierda la aportación del río Guayalejo o Tamesí. Entre la desembocadura del río Pánuco y el río Tuxpan hay una faja surcada por varios esteros que desembocan a la laguna de Tamiahua, el principal de los cuales es el estero Cucharas.

**Aprovechamientos hidráulicos.** Los aprovechamientos hidráulicos en la cuenca, tanto en riego como hidroeléctricos, son pocos; pero la potencialidad de la cuenca en el aspecto de riego, principalmente, es enorme debido a la gran extensión de terrenos en la llanura costera apropiados para ello y por los grandes volúmenes de agua dulce disponible; en lo que respecta al aprovechamiento hidráulico, sobre el río Tula se localiza la hidroeléctrica Zimapán, con capacidad de generación instalada de 292 megawatts (MW).

#### Región Hidrológica 27 Tuxpan-Nautla o Norte de Veracruz

Es la segunda región en extensión dentro del territorio veracruzano. El sistema fluvial determinante son las cuencas de los ríos Tuxpan-Nautla, además de los cauces secundarios y sistemas lagunares-estuarinos asociados a esta región, entre ellos Tamiahua y otros de menor dimensión. Esta región se caracteriza por presentar las principales expresiones geomorfológicas del litoral, como son las dunas e islas de barrera que se apoyan en arrecifes para formar extensos sistemas lagunares-estuarinos, entre ellos destacadamente Tamiahua y otros de menor dimensión. Ocupa 25.70% del total de la superficie del territorio veracruzano.

MAPA 2. CUENCA DEL RÍO PÁNUCO



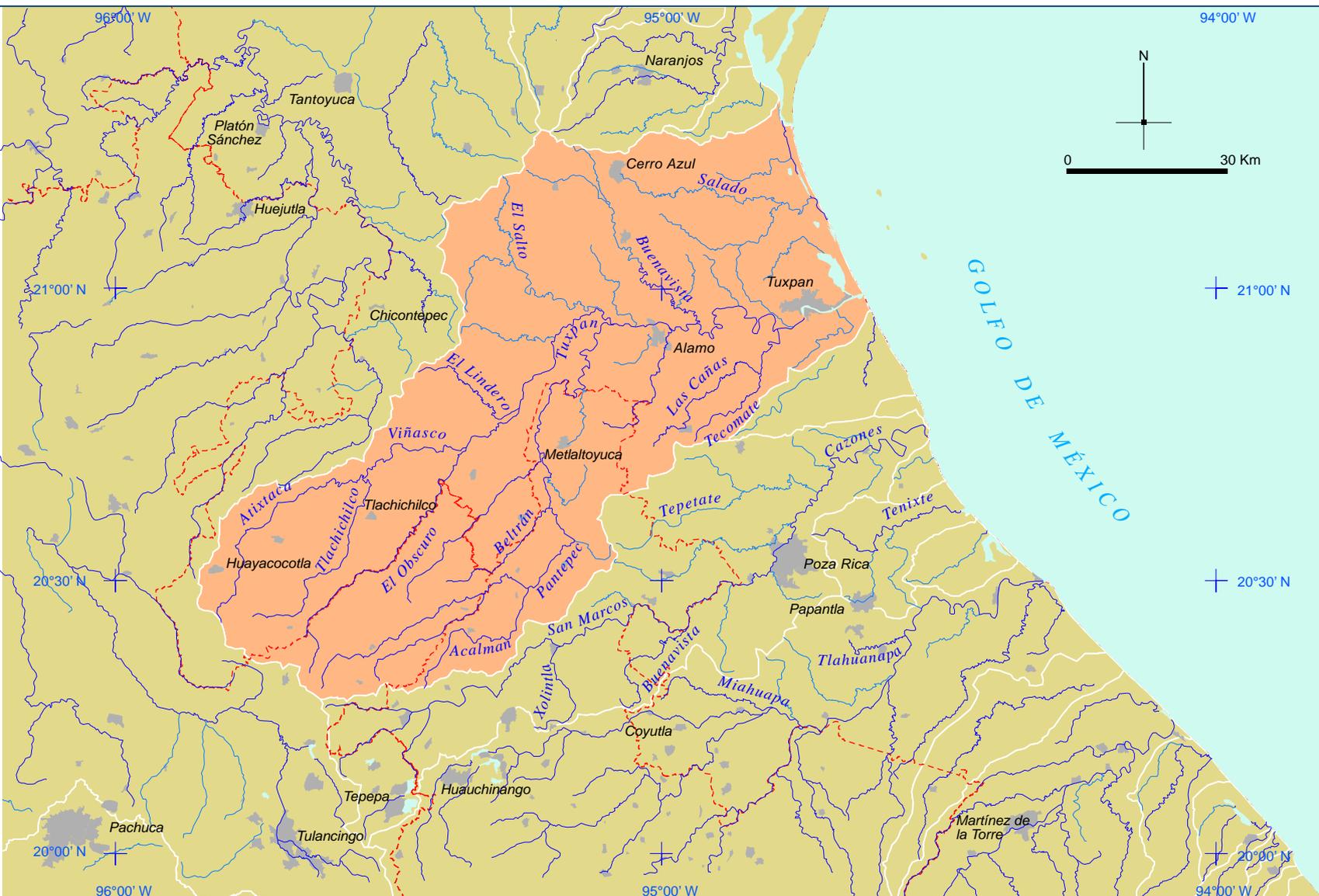
Comparativamente con las otras regiones hidrológicas, ésta ocupa el primer lugar en superficie de manglar y el tercer lugar en descarga fluvial. Cubre una extensión de 18,259 km<sup>2</sup> (25.07% del total de las regiones en su parte veracruzana) y la extensión total de manglar para dicha porción es de 215.44 km<sup>2</sup> que corresponden a 49.17% del total del estado; la descarga fluvial es de 14,193 millones de metros cúbicos, lo que representa 13.39% del total estatal.

**Cuenca del río Tuxpan**

La cuenca del río Tuxpan se encuentra localizada geográficamente entre los 20° 18' y 21° 15' latitud norte, y entre 97° 17' y 98°

32' longitud oeste (MAPA 3). Tiene un área aproximada de 5,899 km<sup>2</sup>, distribuida entre los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz (Conagua, 2005). Esta corriente nace en el estado de Hidalgo con el nombre de río Pantepec, a una elevación de 2,750 m, al oeste de Tenango de Doria. Se forma con las aportaciones de los ríos Blanco y Pahuatlán; aguas abajo por la margen izquierda concurren los arroyos Rancho Nuevo y Beltrán, cuyo principal afluente es el arroyo Grande. Estas corrientes descargan al colector entre los 100 y 80 m de altura, aproximadamente donde inicia la planicie costera. A menos de 50 m de altitud confluye el río Viñasco, principal afluente del Pantepec. Este río nace en el estado de Veracruz a 550 m de altura con la aporta-

**MAPA 3. CUENCA DEL RÍO TUXPAN**



ción por la margen izquierda del arroyo Toluca; por la margen derecha concurre el río Chiflón. Aguas abajo de la confluencia del río Vinasco con el río Pantepec se conoce a la corriente con el nombre de río Tuxpan. Aguas abajo de esta confluencia, por la margen derecha afluye el río Mequetla, que se forma en los límites del estado de Veracruz y Puebla; posteriormente por su margen izquierda concurre el río Buenavista, que nace en la Sierra de Tantima y Otontepec. A partir de esta confluencia y a la altura del poblado Rancho Nuevo, el río Tuxpan cambia la dirección de su curso hacia el norte, hasta el poblado de Timbradero, sitio en el cual vuelve a cambiar su dirección hacia el oriente, formando una serie de meandros y capturando por la margen izquierda al arroyo Ojitos y por la derecha al arroyo Tecomate que nace a 5 km al sureste de la población de Castillo de Teayo.

Finalmente, el río Tuxpan desemboca al Golfo de México en el sitio denominado Barra de Tuxpan, en donde se forma por su margen derecha el estero Jácome (Islas y Pereyra, 1989). Entre los ríos Tuxpan y Cazonces se encuentra el río Tecostempa, que forma el estero y la laguna de Tumilco, así como al arroyo Juan González, que da lugar al estero del mismo nombre que se sitúa a 7 km al NNO de la Barra de Cazonces.

**Aprovechamientos hidráulicos.** En esta cuenca sólo se ha construido un vaso de almacenamiento, que es la presa La Mesilla, sobre el río Chiflón, afluente del Vinasco. Como esta presa se deberían construir más obras de aprovechamiento hidráulico para utilizar las altas precipitaciones y lo accidentado del terreno drenado por los ríos Pantepec y Vinasco, así



como sus afluentes. En las márgenes del río Tuxpan se localizan extensas áreas planas que podrían ser habilitadas para distritos de riego, lo cual permitiría aumentar la producción agrícola del estado de Veracruz (Islas y Pereyra, 1990).

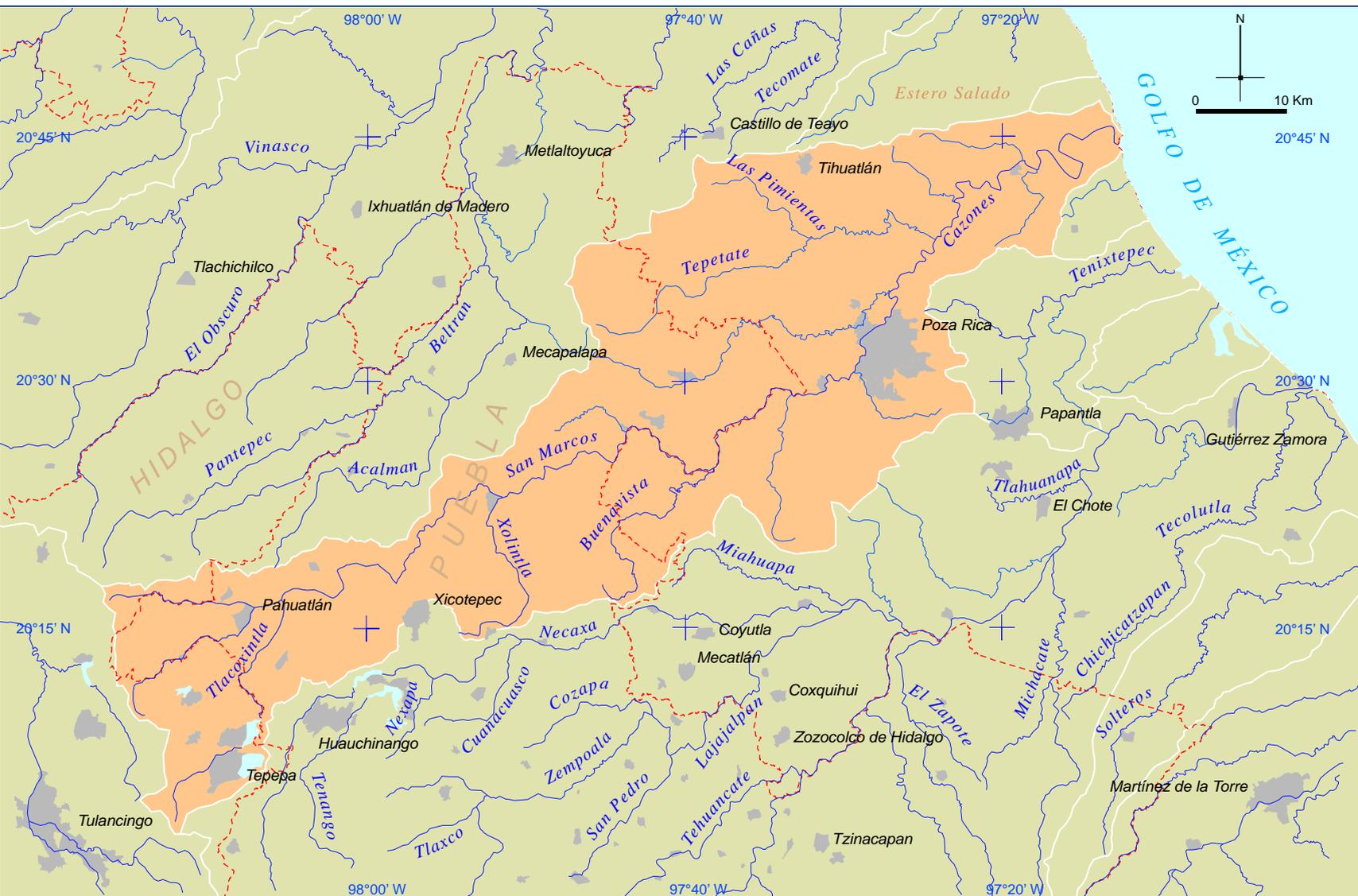
**Cuenca del río Cazones**

La cuenca del río Cazones se encuentra situada geográficamente entre los 20° 03' y 20° 45' latitud norte, y entre 97° 12' y 98° 18' longitud oeste (MAPA 4). Tiene un área aproximada de 2,688 km<sup>2</sup>, distribuida entre los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz (Conagua, 2005). Los arroyos formadores de esta corriente descienden de la sierra de Hidalgo; nacen en el parteaguas que limita al río Tulancingo, 10 km al este de

la ciudad del mismo nombre a una elevación de 2,750 msnm, dando lugar a la formación del arroyo Chaltecontla, que en sus orígenes se denomina río Los Reyes. Su curso sigue su rumbo noreste y sus aguas se controlan en la presa Los Reyes a 2,165 m de altitud; de ellas se alimenta el vaso Necaxa, mediante un túnel que conduce las aguas de la presa al arroyo Tlalcoyunga y de éste por un canal a la planta hidroeléctrica de Texcapa. Aguas abajo de la presa Los Reyes, todavía en la zona abrupta de la Sierra y a 1,000 m de altura, se une al río Pahuatitla, al que a su vez afluye por su margen izquierda el río Trinidad.

Desde la confluencia de los arroyos Chaltecontla y Pahuatitla, la corriente recibe el nombre de río San Marcos; su curso

**MAPA 4. CUENCA DEL RÍO CAZONES**



sigue dirección noreste por zonas de topografía media en donde concurren por la margen derecha los arroyos Naupan, Tlaxcalantongo y Chicualoque a elevaciones de 550, 150 y 80 m, respectivamente, hasta la zona de Poza Rica, Ver., desde donde fluye por la planicie costera con el nombre de río Cazones, desembocando al Golfo de México, a través de la Barra de Cazones, después de drenar los esteros de Naranjos por su margen izquierda y Limón por la derecha. Aguas abajo de la ciudad de Poza Rica recibe por la margen izquierda los arroyos Totolopa, Acuatempa y Naranjos y por la margen derecha el estero Limón (Islas y Pereyra, 1990).

Entre la cuenca de los ríos Cazones y Tecolutla se localizan pequeñas corrientes que vierten sus aguas directamente al Golfo de México, entre las cuales se encuentran: arroyo Puente de Piedra, río Tenixtepec, arroyo Boca Enmedio y estero Boca de Lima.

**Aprovechamientos hidráulicos.** En la parte alta de la cuenca del río Cazones sobre el arroyo Chaltecontla, se localiza la presa Los Reyes cuyo almacenamiento se integra a los de la presa Laguna y Planta Texcapa, del Sistema Necaxa, dentro de la cuenca del río Tecolutla. Esta integración se lleva a cabo por medio del túnel Tlalcoyunga y del canal Texcapa a la planta hidroeléctrica Texcapa, cuya capacidad de generación es de 5,650 kilowatt (kw). Sobre el río La Trinidad se localiza la planta hidroeléctrica del mismo nombre, construida en 1908 por la compañía Eléctrica de Hidalgo, para abastecer las minas existentes en la región, así como poblados vecinos. La capacidad de generación de esta planta es de 1,800 kw.

#### Cuenca del río Tecolutla

La cuenca del río Tecolutla se encuentra entre los paralelos 19° 28' y 20° 30' de latitud norte y entre los meridianos 96° 58' y 98° 15' de longitud oeste (MAPA 5) (Conagua, 2005). Está ubicada en los estados de Tlaxcala, Hidalgo, Puebla y Veracruz; el área que drena, hasta la desembocadura en el Golfo de México, se estima en 7,342 km<sup>2</sup>. En la cuenca se pueden distinguir tres zonas: a) la parte alta, en la Sierra Madre Oriental, en la que los cauces se encuentran alojados en cañones angostos y profundos con fuertes pendientes; b) la parte intermedia, en donde disminuye la pendiente del cauce y es posible construir vasos de almacenamiento para generar energía eléctrica, y c) la parte baja que atraviesa la planicie costera del estado de Veracruz, hasta la desembocadura en el Golfo de México (CFE, 1977).

Los arroyos que dan origen a esta importante corriente nacen en la Sierra de Puebla en los distritos de Huauchinango, Zacatlán, Acatlán y Teziutlán. La corriente principal recibe los nombres de arroyo Zapata, río Coyuca, río Apulco y finalmente río Tecolutla. Los afluentes principales son los ríos Xiucayucan, Tehuantepec, Laxaxalpan. En el curso medio recibe las aportaciones del arroyo Joloapan y río Chichicotzapa. El colector general tiene su origen en el arroyo Zapata, a una elevación de 3,500 m y 20 km al norte de Huamantla de Juárez, Tlax., vierten en él los arroyos Huicolotla y Los Lobos por la margen izquierda; a partir de estas confluencias recibe el nombre de río Coyuca. Su curso se desarrolla a 2,000 m de altitud en el estado de Puebla, donde recibe por la margen izquierda los arroyos Tetzoncuahuixtic y San José y por la margen derecha los arroyos Texocuixpan y Tlapizaco; en este sitio el colector se empieza a llamar río Apulco. En su recorrido, el colector general recibe a 1,460 m de altitud al arroyo La Gloria. La corriente principal recibe por su margen derecha otros dos afluentes de importancia que son los arroyos Xilita y Santalaco. El primero nace en el Cerro Caculco a 2,500 m de altura, a 2 km al oeste de Zacapoaxtla, Puebla, y después de un recorrido de 7 km se une al colector a 1,000 m de elevación y a 3.5 km aguas abajo de la confluencia del arroyo La Gloria. Sobre este afluente se encuentra la planta hidroeléctrica Xilita. Respecto al arroyo Santalaco, su origen se sitúa a 4 km al este de Zacapoaxtla, a 2,500 m de altitud cruzando por una topografía abrupta.

La corriente principal cambia su curso al norte por un angosto cañón; después de flanquear la zona abrupta del cerro San Cristóbal a 2 km se encuentra la presa La Soledad, que almacena agua del río Apulco, así como la del arroyo Dos Ríos y del río Galapa, derivadas y conducidas hasta la presa para ser utilizadas aguas abajo en la generación de energía eléctrica, en la planta Mazatepec. A 6 km aguas abajo converge por su margen derecha el río Xiucayucan, donde el colector inicia su descenso por una zona abrupta de aproximadamente 15 km hacia la planicie costera, lugar donde la corriente recibe los afluentes más importantes.

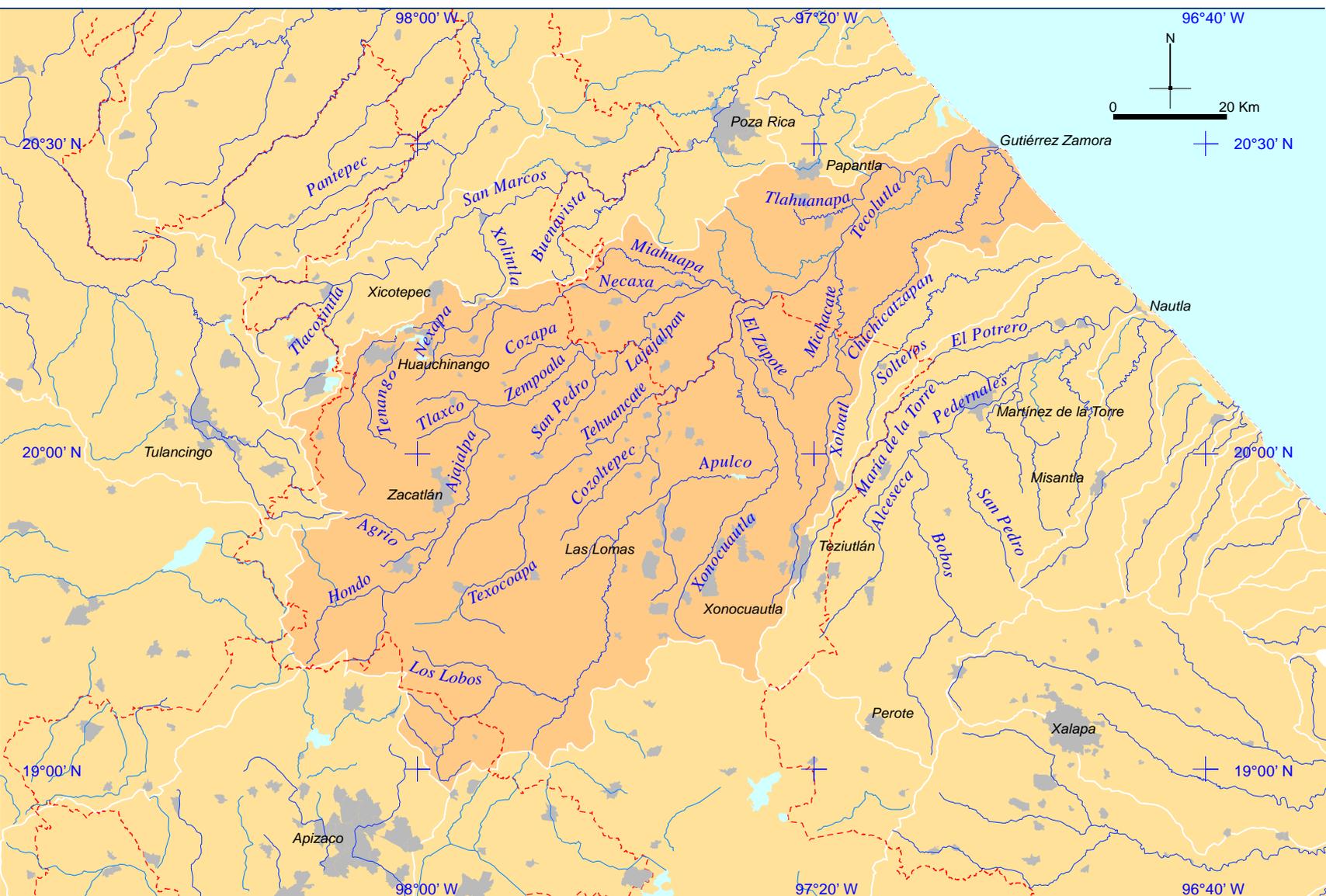
Al iniciar su recorrido por la planicie costera el río Apulco recibe por su margen derecha al arroyo La Aurora y por su margen izquierda la afluencia del río Cuichat. Otros afluentes de importancia del río Apulco, que descargan por su margen izquierda, son los ríos Tecuantepec y Laxaxalpan, que tienen como subafluente al río Necaxa. Los afluentes antes descritos confluyen al colector principal en la planicie costera y a partir

de esta zona a la corriente se le conoce con el nombre de río Tecolutla. En el curso bajo, por su margen derecha, recibe las aportaciones del arroyo Mexonate y río Joloapan. Éste nace con el nombre de río El Encanto al sureste de Mexcalcuahutla, Puebla, a 1,800 m de altitud; aguas abajo se le conoce con el nombre de río Acateno, continúa su trayectoria al noreste como río Rancho Viejo, cambiando posteriormente su nombre a río Joloapan. El colector continúa su recorrido hacia el ENE a través de la planicie costera, pasa por Gutiérrez Zamora y cerca de su desembocadura afluyen a él por la margen derecha el río Chichicatzipa y el estero Ostiones; finalmente descarga sus aguas al Golfo de México

por la Barra de Tecolutla. Entre la Barra de Tecolutla y Nautla se encuentra el arroyo Solteros que desemboca al Golfo de México a la altura de la Barra de Riachuelos.

**Aprovechamientos hidráulicos.** En esta cuenca se construyeron los primeros aprovechamientos hidráulicos de importancia en nuestro país. Sobre el río Necaxa se encuentra el sistema hidroeléctrico del mismo nombre, que perteneció a la que fue la compañía Luz y Fuerza Motriz, hoy Luz y Fuerza del Centro. Este sistema está integrado por tres divisiones: la primera está formada por los vasos altos, como son Los Reyes y Laguna. En la segunda división se localiza la presa

MAPA 5. CUENCA DEL RÍO TECOLUTLA







aportación del arroyo Tenexpanoya, su rumbo sigue hacia el noreste hasta su afluencia con el río Trinidad.

En la confluencia del arroyo Borregos y el arroyo El Suspiro se localiza la planta hidroeléctrica Las Minas. A esta planta le llegan las aguas que son capturadas por pequeñas presas derivadoras situadas en los arroyos Tenexpanoya, el Sauce, El Suspiro, Las Ánimas, Borregos y el río Puerco, interconectados por un canal. Después de esta confluencia, el colector recibe el nombre de río Trinidad; fluye hacia el noreste en áreas de topografía abrupta y pendientes pronunciadas que muestran taludes escarpados; cambia el rumbo de su cauce hacia el noroeste y recibe algunas aportaciones menores por ambas márgenes. A partir de este tramo, la corriente principal toma el nombre de río Bobos, recibiendo por su margen derecha aportaciones de los arroyos Xoxotla y Tepanapa. A 6 km al noreste de Tlapacoyan, Ver., al río Bobos le afluye, por su margen izquierda, el río Tomata. Este río sigue una dirección noreste a través de una penillanura hasta su desembocadura en el Golfo de México. En este tramo convergen al río Bobos por su margen derecha los ríos San Pedro y Quilate.

Uno de los principales afluentes del río Bobos, por la margen izquierda, es el río María de la Torre, que nace en el estado de Puebla, en el poblado de San Sebastián, a 1,750 m de altitud con el nombre de río Xoloco. A partir de la confluencia del arroyo Colorado y el río Chapalapa con el río Bobos, éste cambia su nombre por el de río Nautla, que discurre a través de una zona de meandros, pasa cerca del poblado de Nautla y se desvía hacia el norte, para desembocar finalmente al Golfo de México formando la Barra de Nautla, cerca de la que recibe por la margen izquierda la aportación del estero Tres Encinos que en su origen se le conoce como arroyo del Potrero. Entre los límites de la cuenca de los ríos Nautla y Actopan se sitúan pequeños ríos que desembocan directamente al Golfo de México, entre los que destacan los ríos Misantla, Colipa, Juchique, Santa Bárbara, Santa Ana, Platanar y Barranca de Hernández, así como las lagunas del Camarón y de San Agustín.

**Aprovechamientos hidráulicos.** En esta cuenca los escurrimientos son aprovechados por la Comisión Federal de Electricidad para generar energía eléctrica a través de las siguientes plantas hidroeléctricas: a) Las Minas, localizada junto al pueblo del mismo nombre, aprovecha las aguas de los arroyos que forman los ríos Trinidad y Minas, tiene

una capacidad de 15,000 kw; b) El Encanto, localizada a un kilómetro aguas arriba de la confluencia de los ríos Bobo y Tomata, aprovecha las aguas de este último, tiene una capacidad de 10,000 kw, y c) Altotonga, localizada en el pueblo de Altotonga, utiliza las aguas del río que lleva el mismo nombre, la energía se utiliza para abastecer parcialmente a la población del mismo nombre, su capacidad instalada es de 3,000 kw. En la zona intermedia de la cuenca, donde la pendiente de los cauces disminuye y se amplían éstos, es posible construir vasos de almacenamiento para generar energía hidroeléctrica o para otros usos.

## Región Hidrológica 28 Papaloapan

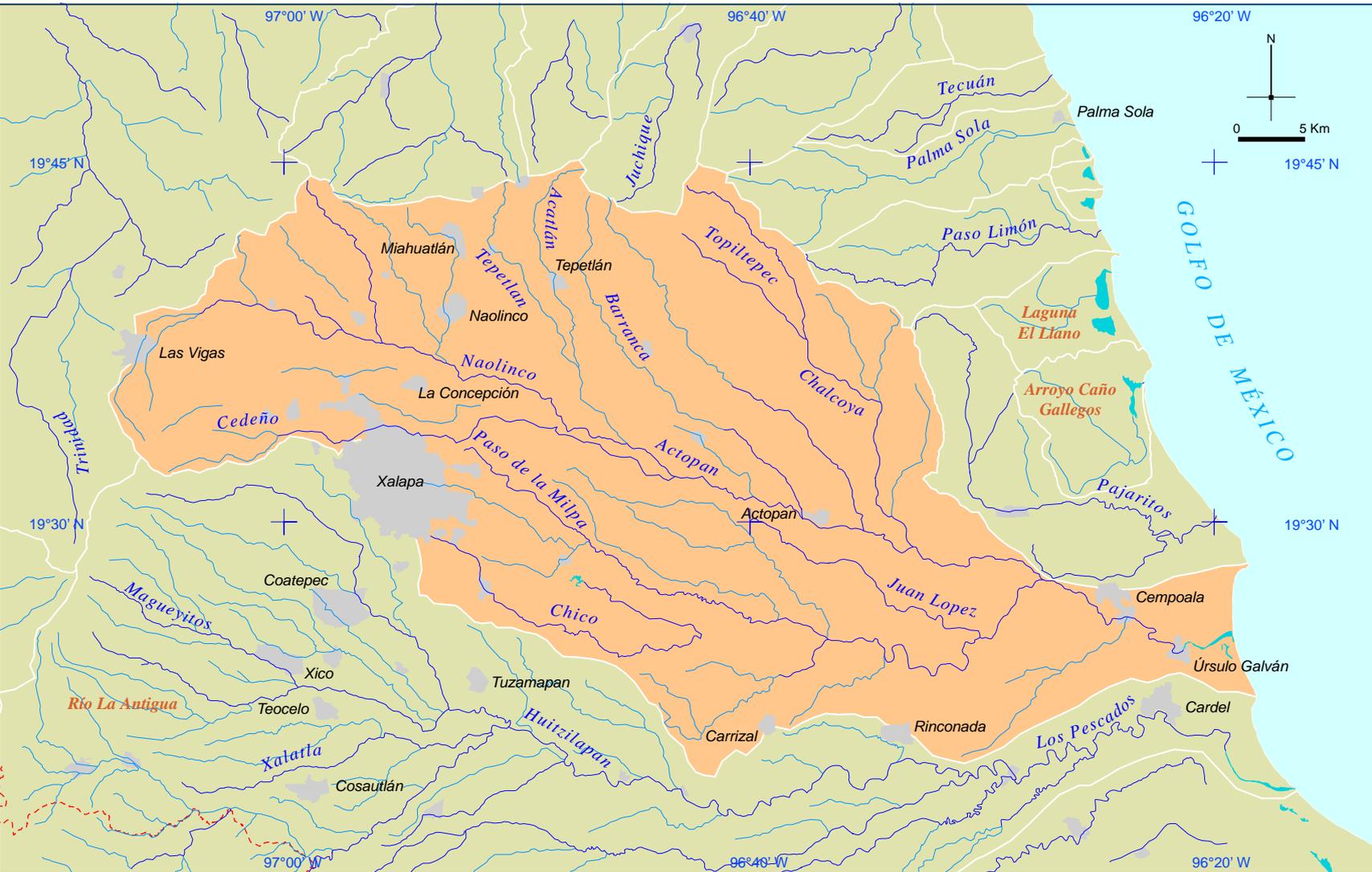
El sistema fluvial determinante para esta región hidrológica es la cuenca del río Papaloapan, y de manera secundaria los ríos Actopan, La Antigua y Jamapa. Ocupa 41.11% del total de la superficie territorial estatal (28,636 km<sup>2</sup>, siendo 39.32% del total de las regiones), así como la mayor descarga de agua dulce (44,829 millones de metros cúbicos por año que representa 42.28% para el estado). Su principal ecosistema estuarino es la Laguna de Alvarado, que corresponde a la superficie de inundación costera más grande, pero también incluye otras lagunas de diversas magnitudes e importancia. Esta región ocupa el segundo lugar en superficie de manglar (169.47 km<sup>2</sup> que corresponde al 38.69% del total estatal).

### Cuenca del río Actopan

La cuenca del río Actopan se encuentra situada geográficamente entre los 19° 20' y 19° 46' latitud norte, y entre 96° 20' y 97° 08' longitud oeste (MAPA 7). Tiene un área aproximada de 2,000 km<sup>2</sup>, distribuida toda dentro del estado de Veracruz (Conagua, 2005). El río Actopan nace en las faldas del Cofre de Perote a 3,000 m de altitud, su curso sigue en dirección noreste a través de 21 km de terreno montañoso, capturando por ambas márgenes las corrientes que se forman en la porción nororiental del Cofre de Perote, luego cambia su curso hacia el sureste a la altura del poblado de Tlacolulan, Ver., dirección que conserva hasta su desembocadura.

En la parte inicial de su recorrido se le conoce como río Sedeño y 15 km aguas abajo del poblado de Tlacolulan afluye por la margen izquierda el río Naolinco, al cual se le une por la margen izquierda el río Acatlán. En esta confluencia el colector cambia su nombre a río Actopan; aguas abajo de esta confluencia se le une por la margen izquierda el río Chapapote. A partir del

MAPA 7. CUENCA DEL RÍO ACTOPAN



poblado La Concepción, el colector se halla cubierto por lava volcánica y emerge en el lugar denominado El Descabezadero (Rendón, 1989). Aguas abajo del poblado de Actopan afluye por su margen izquierda el arroyo Chalcoya y en el sitio denominado Guajillo se localiza la presa derivadora La Esperanza que abastece al distrito de riego 035 La Antigua-Cardel. Aguas abajo de esta presa afluye por la margen izquierda el río Pastorías, que nace a 1,650 m de altitud.

El río Actopan sigue fluyendo hacia el este-sureste y 10 km aguas abajo de la confluencia antes mencionada se localiza la presa derivadora Santa Rosa, que también abastece al distrito de riego 035. Por la margen derecha del colector general y 1 km aguas abajo de la presa Santa Rosa, descarga a 50

m de altitud el río Ídolos, que nace a 1,450 m de altitud al noreste de la ciudad de Xalapa, Veracruz. Posteriormente, a la afluencia del río Ídolos, el río Actopan discurre entre zonas de terrenos cultivados en los que en ocasiones divaga o forma meandros y cuya topografía es muy plana. Fluye cerca de las poblaciones de José Guadalupe Rodríguez, La Gloria y Úrsulo Galván; sigue rumbo hacia el oriente y desemboca en el Golfo de México a través de la Barra de Chachalacas.

**Aprovechamientos hidráulicos.** En la parte alta de la cuenca del río Actopan, específicamente sobre el arroyo Almolonga, se sitúa una captación y presa derivadora en los manantiales conocidos como El Nacimiento, de los cuales aprovecha 360 litros/segundo, que sumados con el escurrimiento del arroyo



nombre; en este sitio el colector general cambia su nombre a río Los Pescados. Sigue su curso sureste y en los límites de los estados de Puebla y Veracruz lo cambia al noreste; aguas abajo de este punto recibe por la margen izquierda al río Cozolapa. En esta confluencia, el colector general cambia su nombre a río La Antigua; sigue su curso sureste pasando por el poblado de Jalcomulco, Ver.; 4.5 km aguas abajo por su margen izquierda vierte el arroyo Tlacoyonca, continuando el colector su flujo cerca del poblado Apazapan, rumbo al este por una zona de meandros y pequeñas elevaciones hasta la afluencia por su margen derecha del río Zacoapan, aguas arriba de Puente Nacional.

El colector continúa su recorrido hacia el oriente a través de terreno plano aprovechable para cultivo, y a la altura de Paso Marino afluye por la margen derecha el río Lagarto, sitio en el que se localiza la presa derivadora La Antigua. Aguas abajo de este distrito se sitúa la ciudad de José Cardel. A partir de este lugar el colector general varía su rumbo hacia el sureste y 4 km antes de su desembocadura afluye por la margen derecha el río San Juan, que es afluente del río Paso de Ovejas. Este río tiene su origen al norte de la población de Huatusco, Ver. El río La Antigua continúa su flujo al este-sureste y descarga sus aguas en la Boca La Antigua del Golfo de México. Entre los límites de las cuencas de los ríos La Antigua y Jamapa se sitúa una zona de 629 km<sup>2</sup> en la que destacan el río San Francisco, la laguna San Julián y el Puerto de Veracruz.

*Aprovechamientos hidráulicos.* En las márgenes del río La Antigua se sitúa el distrito de riego 035 que lleva el mismo nombre, y que tiene una superficie de 14,000 hectáreas distribuidas en los municipios de La Antigua, Úrsulo Galván, Puente Nacional, Manlio Favio Altamirano y Paso de Ovejas. El aprovechamiento se realiza a través de un canal de derivación que transporta 14 m<sup>3</sup>/s, y un dren que tiene una capacidad de 8 m<sup>3</sup>/s; Asimismo, sobre el río La Antigua se localiza la hidroeléctrica Texolo a la altura de la población de Teocelo, Ver., cuya capacidad de generación instalada es de 2 megawatts.

#### Cuenca del río Jamapa

La cuenca del río Jamapa se encuentra ubicada entre los 18° 45' y 19° 14' latitud norte, y entre 95° 56' y 97° 17' longitud oeste (Conagua, 2005). Tiene un área aproximada de 3,912 km<sup>2</sup>, distribuida totalmente dentro del estado de Veracruz (MAPA 9). El río Jamapa lo forman dos corrientes muy importantes, que en su confluencia se conocen con los nombres de río Cotaxtla y Jamapa. El río Cotaxtla drena un área de 1,679 km<sup>2</sup>,

y nace a una elevación de 5,700 m en una zona limítrofe de los estados de Puebla y Veracruz, con el nombre de río Barranca de Chocomán. Avanza en dirección oriente a través de terrenos de topografía accidentada, de fuertes pendientes, colectando a su paso las corrientes formadas en las laderas nororientales del Pico de Orizaba. En las inmediaciones de la población de Coscomatepec, Ver., varía su curso hacia el sureste fluyendo 25 km en esta dirección y captando en su recorrido, por ambas márgenes, corrientes de pequeña magnitud. A a la altura de la ciudad de Córdoba, Ver. desvía su curso hacia el este-sureste y cambia su nombre a río Seco; fluye 22 km en terreno aprovechable para el cultivo, rodea el Cerro Chiyoltuite y afluye por su margen izquierda el río Atoyac.

El río Atoyac tiene su origen 10 km al norte de la ciudad de Córdoba, Ver., en el Cerro Loma Grande a 1,750 m de altitud. Sobre este río se encuentra la presa derivadora Santa Anita, de la que por la margen derecha parte el canal principal que abastece el sistema de riego El Potrero. Aproximadamente a 4 km de la presa derivadora, la corriente varía su curso hacia el noreste bordeando los cerros La Perla y Chiyoltuite; pasa por Atoyac, Ver., y 1.5 km aguas abajo afluye por la margen izquierda el arroyo Chiquihuite. Posteriormente, a 11.5 km desemboca al colector general a una elevación de 450 m, conservando el nombre de río Atoyac. A partir de esta confluencia desvía su curso hacia el oriente y fluye por terreno de lomerío hasta la afluencia por la margen izquierda del arroyo Paso del Macho. A 4.5 km aguas abajo de la confluencia anterior converge por la margen derecha el arroyo Cuatro Caminos, que nace 1 km al sureste de Yanga, Ver., a 500 m de altitud.

A partir de la confluencia con el arroyo Cuatro Caminos, el colector general cambia su nombre a río Cotaxtla, penetrando en zonas cultivables. Sigue su rumbo este-noreste, pasando por Cotaxtla, Ver.; aguas abajo de esta confluencia recibe por la margen izquierda al río Jamapa. Este río nace con el nombre de Barranca de Coscomatepec en el límite de los estados de Puebla y Veracruz, a 4,700 m de altitud. Su curso sigue un rumbo oriente, por terreno de topografía montañosa, en donde colecta corrientes que nacen en la Sierra Madre Oriental, en la zona comprendida entre las porciones norte del Pico de Orizaba y suroriental del cerro de La Cumbre. Aproximadamente a 50 km de su nacimiento, afluye por su margen izquierda el río Paso de los Gasparines, que se origina a 9 km al noreste de Huatusco, Ver., a 1,500 m de altitud; su cauce sigue un rumbo sureste en zonas de topo-

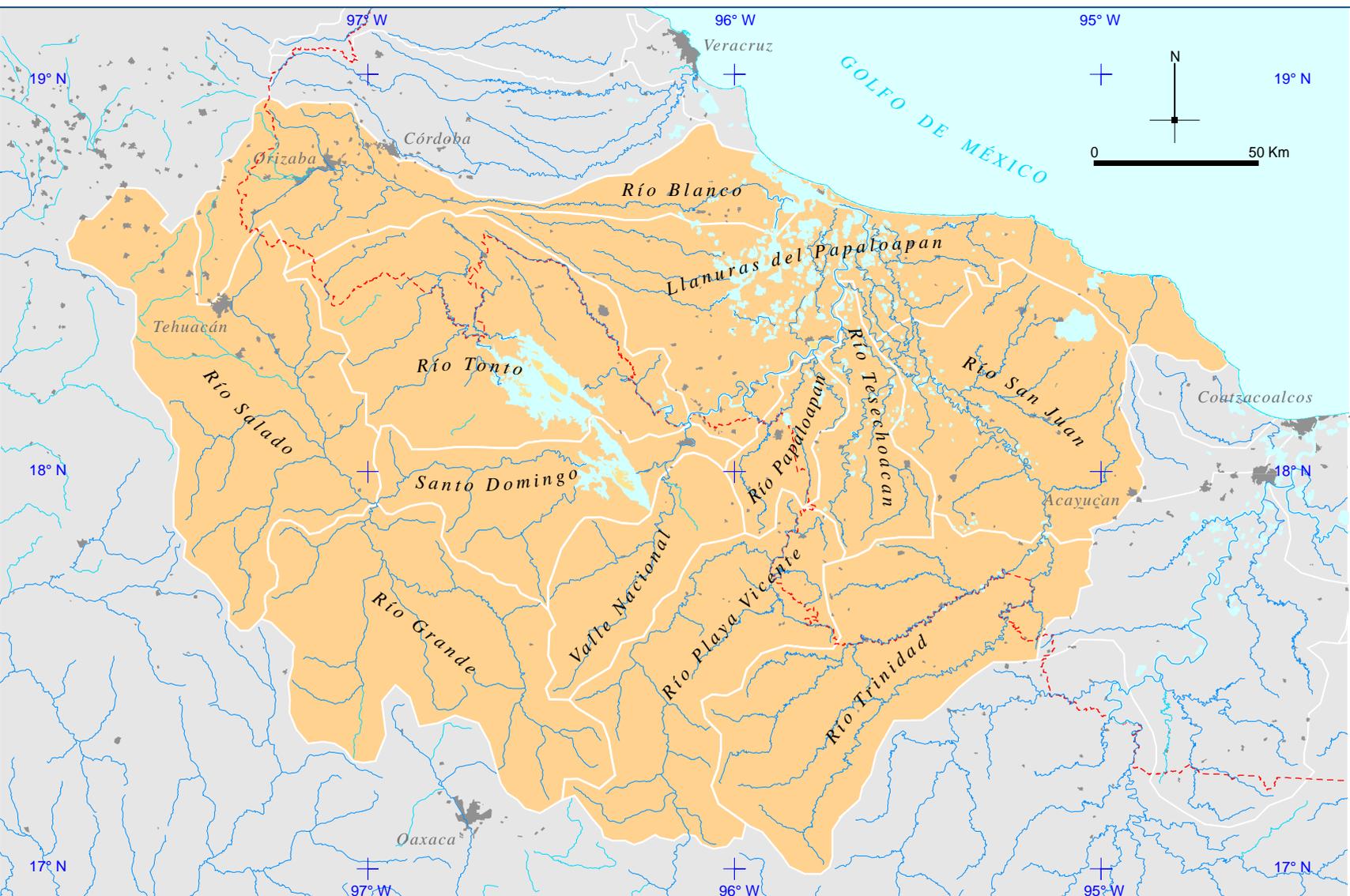


### Cuenca del río Papaloapan

La cuenca del río Papaloapan se encuentra geográficamente entre los 16° 55' y 19° 03' latitud norte, y los 94° 40' y 97° 48' longitud oeste (Conagua, 2005). Tiene un área aproximada de 46,517 km<sup>2</sup>, distribuida porcentualmente en los estados de Oaxaca (51%), Veracruz (37%) y Puebla (12%). De los 46,517 km<sup>2</sup> que constituyen la cuenca, aproximadamente el 45% corresponde a terrenos planos y ondulados de la planicie costera y el resto (55%) están constituidos por la zona montañosa y quebradas de las sierras, con excepción de los pequeños Valles de la Cañada y la Mixteca, que apenas representan el 1% de la superficie total (SARH, 1976).

Desde el punto de vista topográfico, los terrenos de la cuenca del Papaloapan pueden clasificarse, aproximadamente, de la siguiente manera: 2,300 km<sup>2</sup> de lagunas, ríos y pantanos; 18,300 km<sup>2</sup> de planicie con pendientes menores del 10%; 10,600 km<sup>2</sup> de ladera con pendiente entre 10% y 25%, y 15,300 km<sup>2</sup> de montaña con pendientes mayores del 25%. El sistema fluvial del río Papaloapan es el de mayor importancia en el país por su caudal, después del sistema Grijalva-Usumacinta. Su escurrimiento medio anual es aproximadamente de 47,000 millones de metros cúbicos, vierte sus aguas al Golfo de México a través de la Laguna de Alvarado.

MAPA 10. SUBCUENCAS DE LA CUENCA HIDROLÓGICA DEL PAPALOAPAN



Los ríos Grande y Salado se consideran los principales formadores del sistema y al confluir forman el río Santo Domingo, mientras que el río Tonto nace al norte de este punto, sobre estos últimos cauces se han construido las presas de control de inundaciones Lic. Miguel Alemán Valdés (Temascal, Oaxaca) y Lic. Miguel de la Madrid Hurtado (Cerro de Oro), ambos ríos confluyen aguas abajo de las presas para formar el río Papaloapan. Poca antes de este punto, el río Santo Domingo recibe por la margen derecha las aportaciones del río Valle Nacional. Por su parte, el río Papaloapan recibe las aportaciones de los ríos Tesechoacán, que en su parte alta se conoce como río Playa Vicente y San Juan, este último a su vez recibe las aguas del río Trinidad. Finalmente, el río Papaloapan descarga en la parte este de la Laguna de Alvarado. Por su parte, el río Blanco corre por la parte norte de la zona hidrológica y descarga directamente tanto a la Laguna de Alvarado como al Golfo de México y en conjunto la zona que le comprende es conocida como Llanuras del Papaloapan.

Para facilitar su estudio, la cuenca hidrológica se ha dividido en doce zonas considerando puntos de control que pueden ser estaciones hidrométricas más cercanas de la cuenca o los principales almacenamientos, tal como se muestra en el **MAPA 10** (CNA, 2005).

*Zona río Salado*, comprendida desde su origen hasta su confluencia con el río Grande (Estación hidrométrica Angostura). Drena el Valle Poblano-Oaxaqueño y la Alta Mixteca, tiene la zona más árida y deforestada del sistema; a la altura de la congregación de Quiotepec se une con el río Grande para formar el río Santo Domingo. Tiene un área drenada de 6,857.9 km<sup>2</sup>, y geográficamente se ubica dentro del cuadro de coordenadas 17° 35' y 18° 52' latitud norte y 97° 46' y 96° 57' longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes regiones y zonas hidrológicas: al norte por la zona río Blanco y la región hidrológica núm. 18 (Balsas), al sur por la región núm. 18 y la zona río Grande, al este por las zonas río Santo Domingo, río Valle Nacional y río Playa Vicente (**MAPA 11**).

*Zona río Grande*, comprendida desde su origen hasta su confluencia con el río Salado, como se muestra en el **MAPA 12** (Estación hidrométrica la Junta, sobre el río Santo Domingo, aguas abajo de la confluencia de los ríos Salado y Grande). Sirve de drenaje, junto con el río Salado y el río Santo Domingo, a la Sierra de Juárez y a las estribaciones de la Sierra de Oaxaca. Tiene un área drenada de 5,020 km<sup>2</sup>, geográficamente se

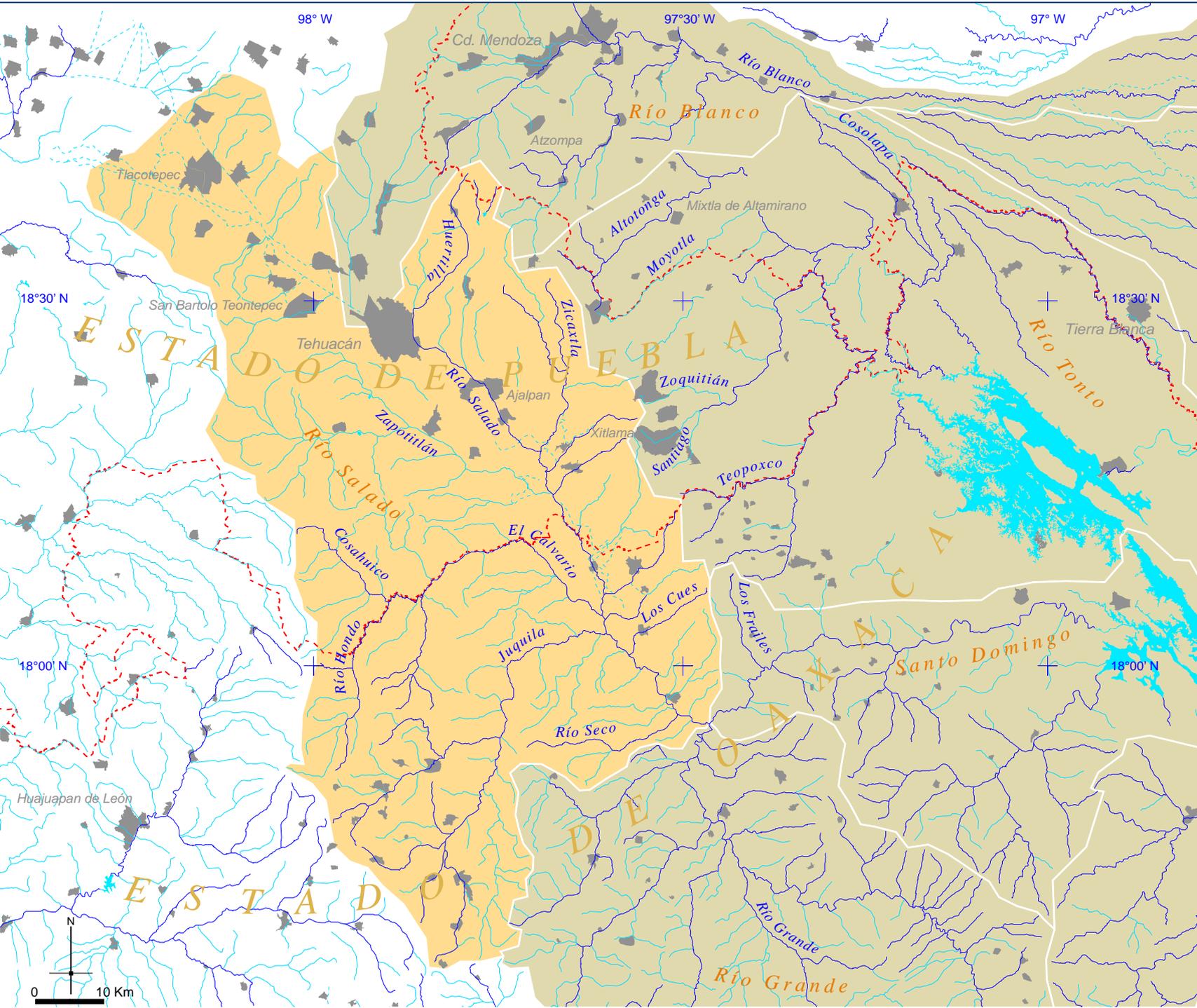
ubica dentro del cuadro de coordenadas 17° 06' y 17° 56' latitud norte y 97° 17' y 96° 22' longitud oeste; a la altura de la congregación de Quiotepec, se une con el río Grande para formar el río Santo Domingo. Se encuentra delimitada por las siguientes regiones y zonas hidrológicas: al norte por las zonas río Salado y río Santo Domingo, al sur y al oeste por las región hidrológica número 20 Costa Chica de Guerrero, y al este por las zonas río Santo Domingo, río Valle Nacional y río Playa Vicente.

*Zona río Trinidad*, comprendida desde su origen hasta el punto donde confluye el río La Lana para formar el río San Juan (Estación hidrométrica Bellaco sobre el río Trinidad y Achotal sobre el río La Lana). Nace en el estado de Oaxaca y baja de las estribaciones del nudo del Zempoaltépetl y es afluente del río San Juan. Tiene un área drenada de 5,249.4 km<sup>2</sup> y geográficamente se ubica dentro del cuadro de coordenadas 16° 55' y 17° 52' latitud norte y 96° 04' y 95° 04' longitud oeste. Se encuentra limitada por las siguientes regiones y zonas hidrológicas: al norte por la zona río Playa Vicente, río Tesechoacán y río San Juan, al sur por la zona del río Tehuantepec, al este por la zona del río Coatzacoalcos y al oeste por la zona río Playa Vicente (**MAPA 13**).

*Zona río Valle Nacional*, abarca desde su origen hasta su confluencia con el río Papaloapan (Estación hidrométrica Jacatepec). Nace en el estado de Oaxaca y es afluente del río Santo Domingo por su margen derecha. Tiene un área drenada de 1,280 km<sup>2</sup> y geográficamente se ubica dentro del cuadro de coordenadas 18° 22' y 19° 02' latitud norte y 96° 32' y 96° 05' longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes zonas hidrológicas: al norte por la zona río Santo Domingo, al sur por las zonas río Playa Vicente y río Grande, al este por la zona del río Playa Vicente y al oeste por las zonas río Santo Domingo y río Grande (**MAPA 14**).

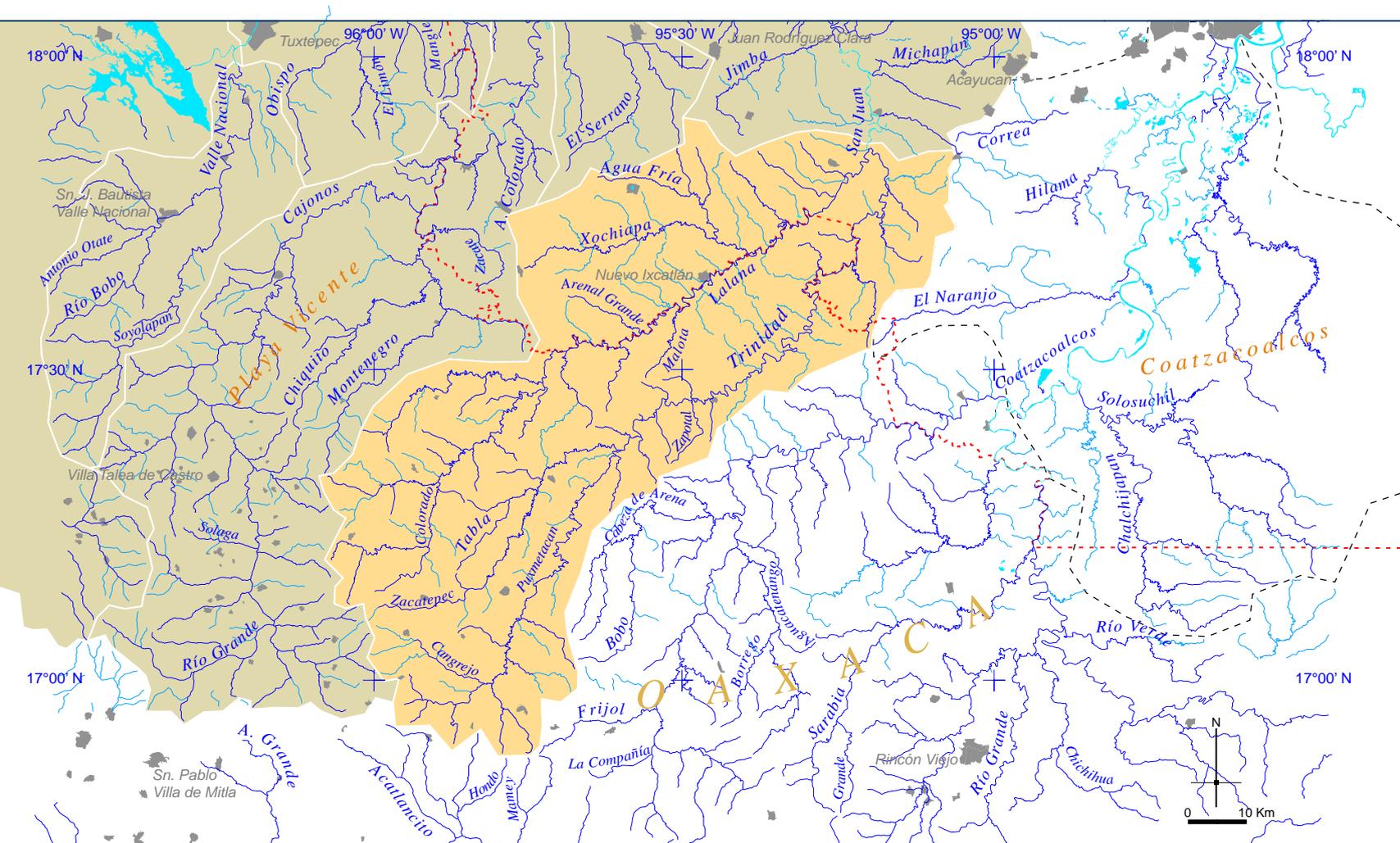
*Zona río Playa Vicente*, comprendida desde su origen hasta donde se localiza la estación hidrométrica Azueta. Baja de las estribaciones del nudo del Zempoaltépetl y es afluente del río Tesechoacán; tiene un área drenada de 4,656 km<sup>2</sup>, y geográficamente se ubica dentro del cuadro de coordenadas 16° 58' y 17° 59' latitud norte y 96° 27' y 95° 42' longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes regiones y zonas hidrológicas: al norte por la zona río Papaloapan, al sur con la zona del río Tehuantepec, al este por las zonas río Tesechoacán y río Trinidad y al oeste por las zonas río Valle Nacional y río Grande (**MAPA 15**).

MAPA 11. SUBCUENCA DEL RÍO SALADO





MAPA 13. SUBCUENCA DEL RÍO TRINIDAD



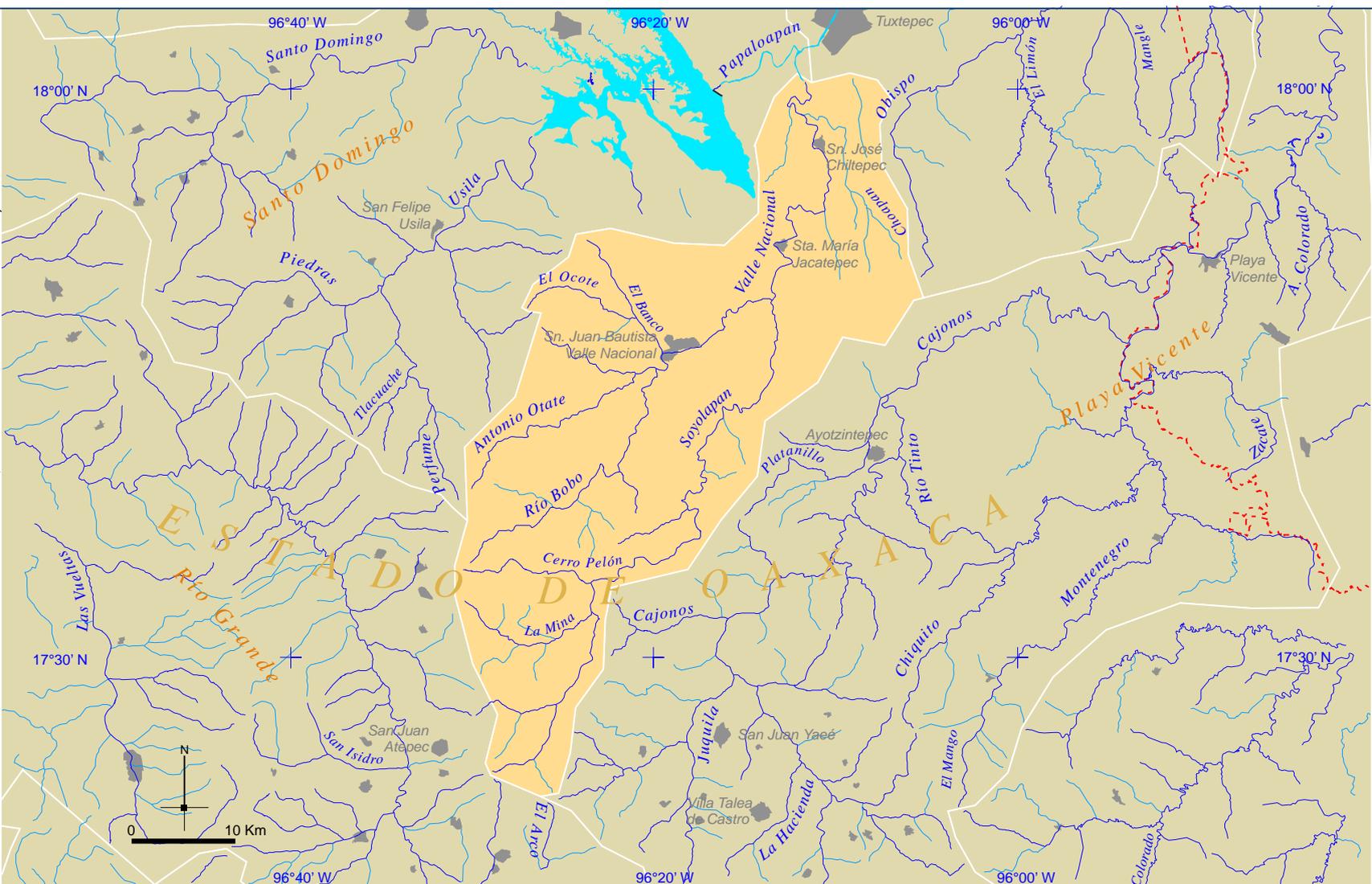
Zona río Santo Domingo, comprendida desde la unión de los ríos Salado y Grande hasta su confluencia con el río Tonto para formar el río Papaloapan (punto de control en la presa Lic. Miguel de la Madrid Hurtado). Es afluente del río Papaloapan; tiene un área drenada de 2,611 km<sup>2</sup>, y geográficamente se ubica dentro del cuadro de coordenadas 17° 38' y 18° 07' latitud norte y 96° 59' y 96° 00' longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes zonas hidrológicas: al norte por la zona río Tonto, al sur por las zonas río Grande y río Valle Nacional, al este por las zonas río Papaloapan y río Valle Nacional y al oeste por las zonas río Salado y río Grande (MAPA 16).

Zona río Tonto, comprendida desde su origen hasta su confluencia con el río Santo Domingo para formar el río Papaloapan (punto de control en la presa Lic. Miguel

Alemán Valdés). Nace en las inmediaciones de la Sierra Mazateca y es el afluente más importante del río Papaloapan en su margen izquierda; tiene un área drenada de 5,517.1 km<sup>2</sup>, y geográficamente se ubica dentro del cuadro de coordenadas 18° 04' y 18° 46' latitud norte y 97° 12' y 96° 07' longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes zonas hidrológicas: al norte por las zonas río Blanco y Llanuras del Papaloapan, al sur por la zona río Santo Domingo, al este por la zona Llanuras del Papaloapan y al oeste por las zonas río Blanco y río Salado (MAPA 17).

Zona río Blanco, comprendida desde su origen hasta su desembocadura en la laguna de Alvarado (Estación hidrométrica Camelpo). Nace en la Sierra de Zongolica y en las faldas del Pico de Orizaba; tiene un área drenada de 3,130 km<sup>2</sup>, y geográficamente se ubica dentro del cuadro de coordenadas

MAPA 14. SUBCUENCA DEL RÍO VALLE NACIONAL



18° 32' y 19° 02' latitud norte y 97° 24' y 95° 51' longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes regiones y zonas hidrológicas: al norte por las zonas río Jamapa-Cotaxtla, al sur por las zonas Llanuras del Papaloapan, río Tonto y río Salado, al este por la zona Llanuras de Papaloapan y al oeste por las zonas río Salado y la región hidrológica núm. 18 Balsas (MAPA 18).

*Zona río San Juan*, comprendida desde las estaciones hidrométricas Bellaco y Achotal hasta su confluencia con el río Papaloapan (estaciones hidrométricas Cuatotolapan y Lauchapan). Recibe las aportaciones del río Trinidad, que baja de las inmediaciones del nudo Zempoaltépetl y es afluente meridional del río Papaloapan

en lo que se conoce como el Bajo Papaloapan; tiene un área drenada de 3,402 km<sup>2</sup> y geográficamente se ubica dentro del cuadro de coordenadas 17° 47' y 18° 43' latitud norte y 95° 43' y 94° 54' longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes zonas hidrológicas: al norte por la zona Llanuras del Papaloapan, al sur por la zona del río Trinidad, al este por la zona del río Huazuntlán y al oeste por la zona río Tesechoacán (MAPA 19).

*Zona río Tesechoacán*, comprendida desde la estación hidrométrica Azueta hasta su confluencia con el río Papaloapan, en lo que corresponde a la zona Llanuras de Papaloapan; tiene un área drenada de 1,799 km<sup>2</sup> y geográficamente se ubica dentro del cuadrante de coordenadas 17° 47' y 18° 32'

MAPA 15. SUBCUENCA DEL RÍO PLAYA VICENTE



latitud norte y  $95^{\circ} 48'$  y  $95^{\circ} 24'$  longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes zonas hidrológicas: al norte por las zonas Llanuras del Papaloapan y río San Juan, al sur por la zona Llanuras del Papaloapan y río Tesechoacán, al este por la zona río Tesechoacán y al oeste por la zona río Tonto, río Santo domingo y río Valle Nacional (MAPA 20).

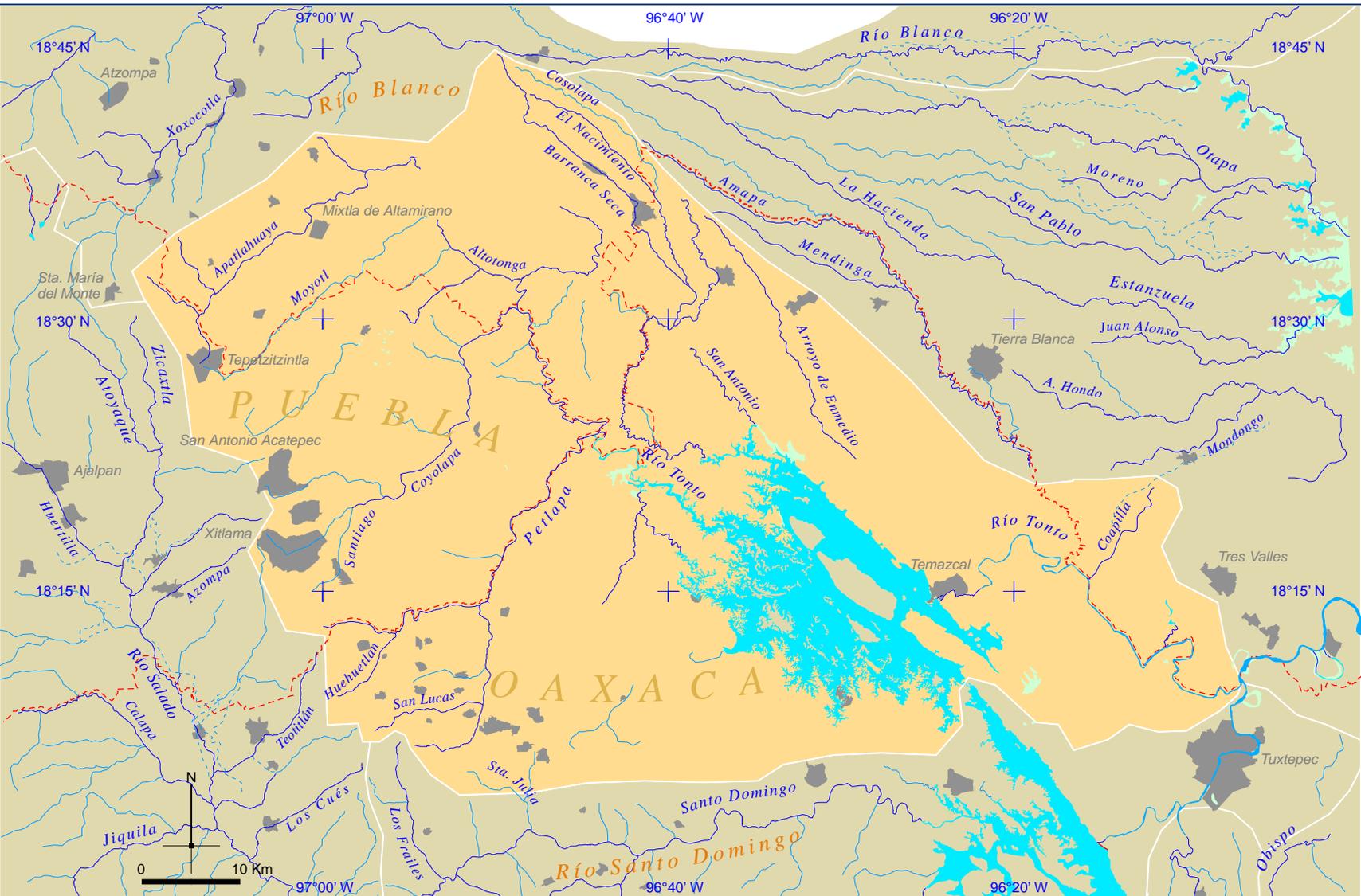
*Zona río Papaloapan*, comprendida desde la unión de los ríos Santo Domingo, Valle Nacional y Tonto con el río Papaloapan, hasta donde inicia la ciudad de Cosamaloapan, Veracruz; tiene un área drenada  $2,493 \text{ km}^2$  y geográficamente se ubica dentro del cuadrado de coordenadas  $17^{\circ} 47'$  y  $18^{\circ} 20'$  latitud norte y  $96^{\circ} 08'$  y  $95^{\circ} 42'$  longitud oeste. Se encuentra delimitada

por las siguientes zonas hidrológicas: al norte por la zona de Llanuras del Papaloapan y río Tesechoacán, al sur por la zona Playa Vicente, al este por la zona río Tesechoacán y al oeste por la zona río Tonto, río Santo domingo y río Valle Nacional (MAPA 21).

*Zona Llanuras del Papaloapan*, comprendida desde el inicio de la ciudad de Cosamaloapan y la unión de los ríos Tesechoacán y San Juan con el río Papaloapan, hasta su desembocadura en el Golfo de México, y corrientes que descargan directamente a la laguna de Alvarado y Golfo de México. Recibe también aportaciones del río Blanco y pequeñas



MAPA 17. SUBCUENCA DEL RÍO TONTO



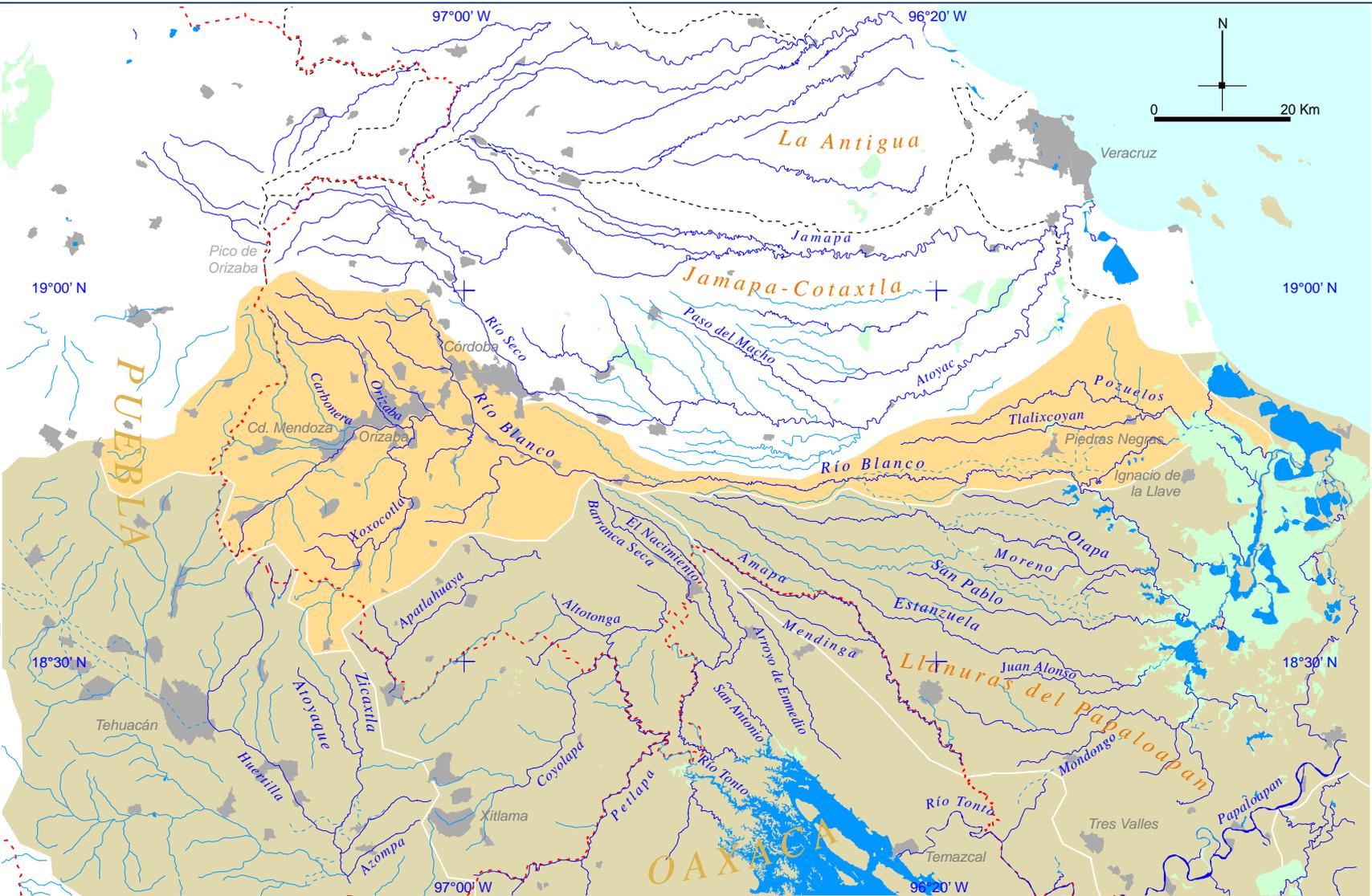
Temascal, Oaxaca; tiene una capacidad de almacenamiento de 8,000 millones de metros cúbicos, siendo la segunda más grande del país después de la presa La Angostura, que tiene una capacidad de 18,000 millones de metros cúbicos, localizada en Chiapas sobre el río Grijalva. La presa Miguel Alemán se construyó para: a) controlar las avenidas del río Tonto; b) generar energía hidroeléctrica; c) mejorar la navegación del río Papaloapan y d) para control de azolves.

Entre las décadas de los setenta y ochenta se construyó la presa Cerro de Oro (también llamada Miguel de la Madrid) sobre el río Santo Domingo, aguas abajo de su confluencia con el río Usila, la cual sirve para generar energía eléctrica

(354 Mw), controlar avenidas y el azolve que arrastra el río Santo Domingo, al cual corresponde 60% del total que transporta el río Papaloapan. La capacidad de almacenamiento de esta presa es de 5,380 millones de metros cúbicos y es la tercera más grande del país. Dentro de esta cuenca también se encuentra una pequeña hidroeléctrica denominada Chilapan, con capacidad instalada de 26 Mw; se ubica en el municipio de Catemaco, Veracruz.

En las sabanas de la planicie costera opera el distrito de riego del río Blanco, unidades Joaquín y Piedras Negras, que cubre una superficie de 30,000 hectáreas. En la subcuenca del río Salado, uno de los principales afluentes del río Santo

MAPA 18. SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO



Domingo, se ha construido una serie de presas derivadoras y canales los cuales permiten aprovechar para riego los escasos recursos hidráulicos de esa zona, que es la más árida de toda la cuenca del Papaloapan, su precipitación media anual fluctúa entre 220 y 800 mm (Pereyra, 1985).

**Región Hidrológica 29  
Coatzacoalcos**

Los principales aportes fluviales a esta región son el río Coatzacoalcos y el sistema lagunar-estuarino de la Laguna del Ostión, pero también desembocan otros cauces. Esta región es la tercera en extensión dentro del territorio vera-

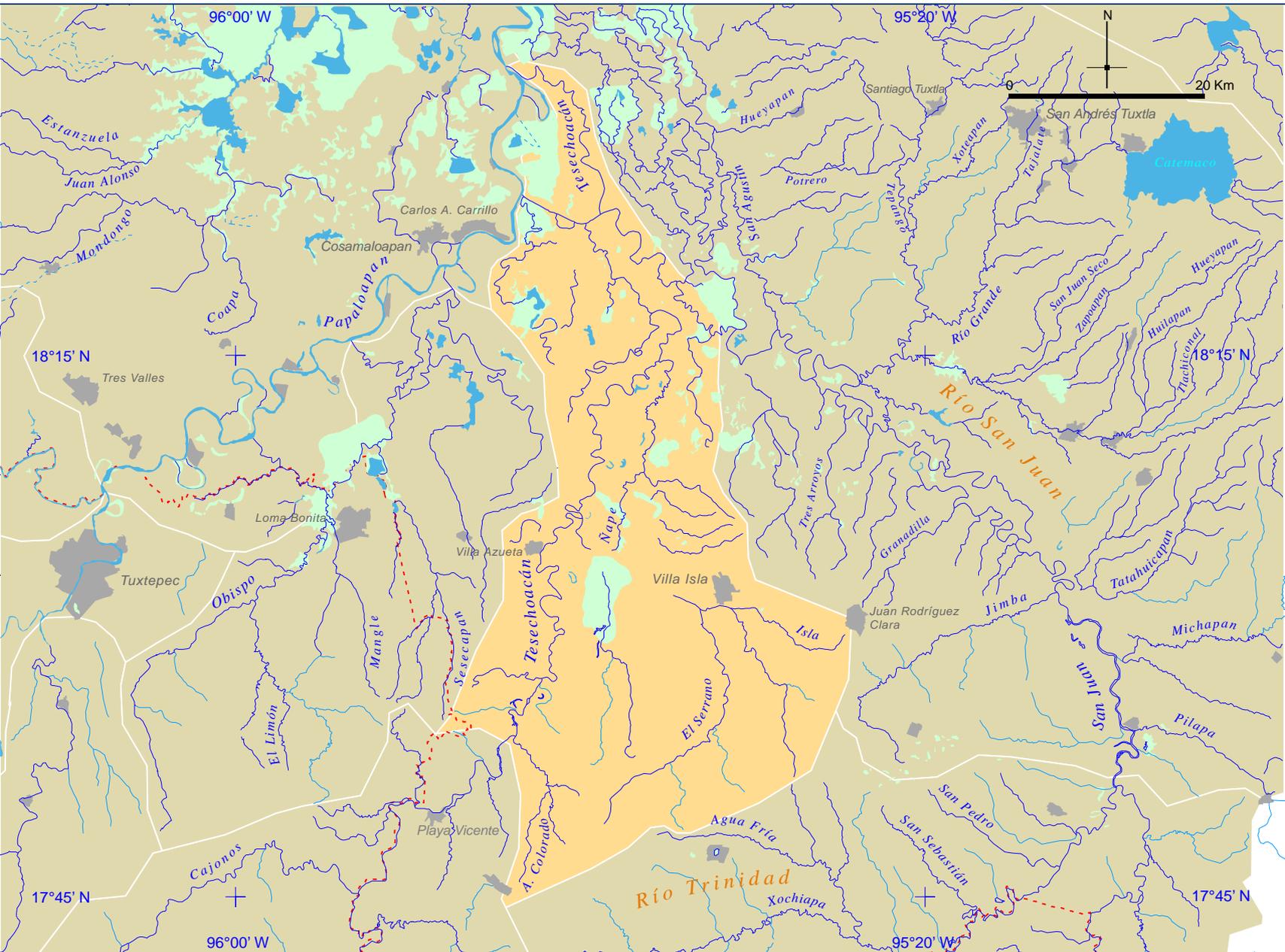
cruzano (14,419 km<sup>2</sup>, 19.80% del total de las regiones y el 19.21% del total de la superficie territorial estatal), y ocupa el tercer lugar en superficie de manglar (46.59 km<sup>2</sup>, que corresponde a 10.63% del total estatal) y el segundo lugar en descarga fluvial (32,941 millones de metros cúbicos, que representan 31.07%).

**Cuenca del río Coatzacoalcos**

La cuenca del río Coatzacoalcos se encuentra geográficamente entre los 16° 38' y 18° 22' latitud norte, y los 93° 38' y 95° 45' longitud oeste (Conagua, 2005). Tiene un área aproximada de 21,091 km<sup>2</sup>, distribuida entre los estados de Oaxaca y Veracruz, como se aprecia en el MAPA 23. El



MAPA 20. SUBCUENCA DEL RÍO TESECHOACÁN



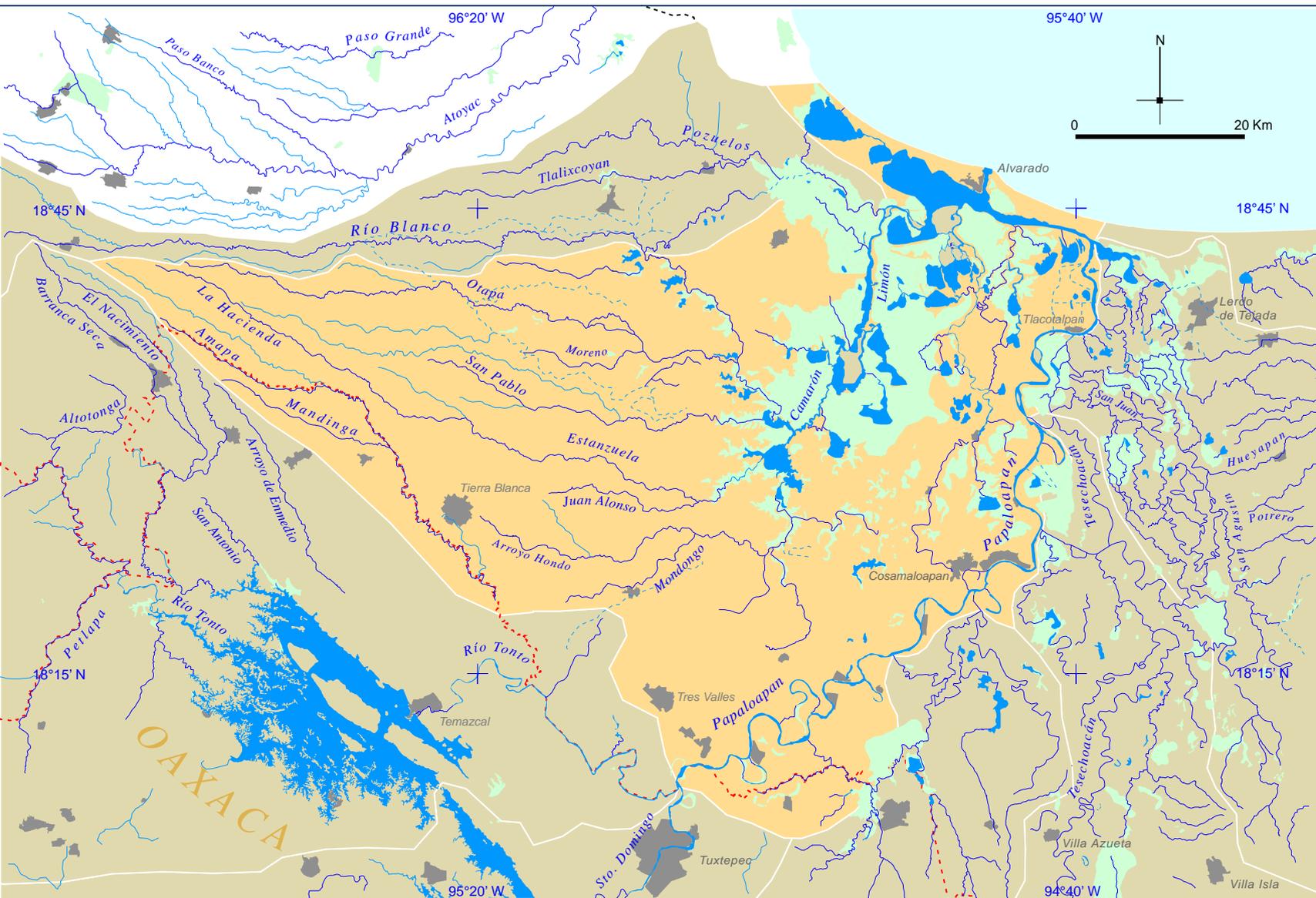
A lo largo del recodo que forma el río Coatzacoalcos, en la transición del segundo y el tercer tramo, cuenta con dos afluentes por el lado izquierdo, que son el río Chichihua y la confluencia de los ríos Almolonga y Malatengo, que en general afluyen de sur a norte en sentido convergente y acaban por construir una sola corriente que entra al colector general a unos 30 km aguas abajo de Sta. María Chimalapa. Aguas abajo de esta confluencia el colector recibe por la margen izquierda al río Sarabia, que nace en el cerro Lechiguri a 2,158 m de altitud.

Al iniciar el cuarto tramo, el río Coatzacoalcos recibe por su margen izquierda un afluente de mucha importancia llamado Jaltepec, que viene desde la Sierra Madre de Oaxaca. La confluencia antes mencionada se encuentra a 120 m de altitud, lo cual significa que a partir de este punto el cauce se vuelve divergente formando meandros, lagunas y esteros, e incluso tiene un doble cauce a la altura de Hidalgotitlán, Ver. El río Coatzacoalcos después de Hidalgotitlán recibe otros afluentes importantes por su margen derecha.





MAPA 22. SUBCUENCA DE LAS LLANURAS DEL PAPALOAPAN



Es importante hacer notar que el río Coatzacoalcos es de los pocos que aún es navegable, en gran parte de su recorrido y en algunos afluentes, por embarcaciones medianas, y en un tramo pequeño, aguas arriba de su desembocadura, por barcos petroleros de gran calado que llegan a la laguna de Pajaritos; esto último es posible gracias a que ha sido dragado constantemente, para eliminar el azolve.

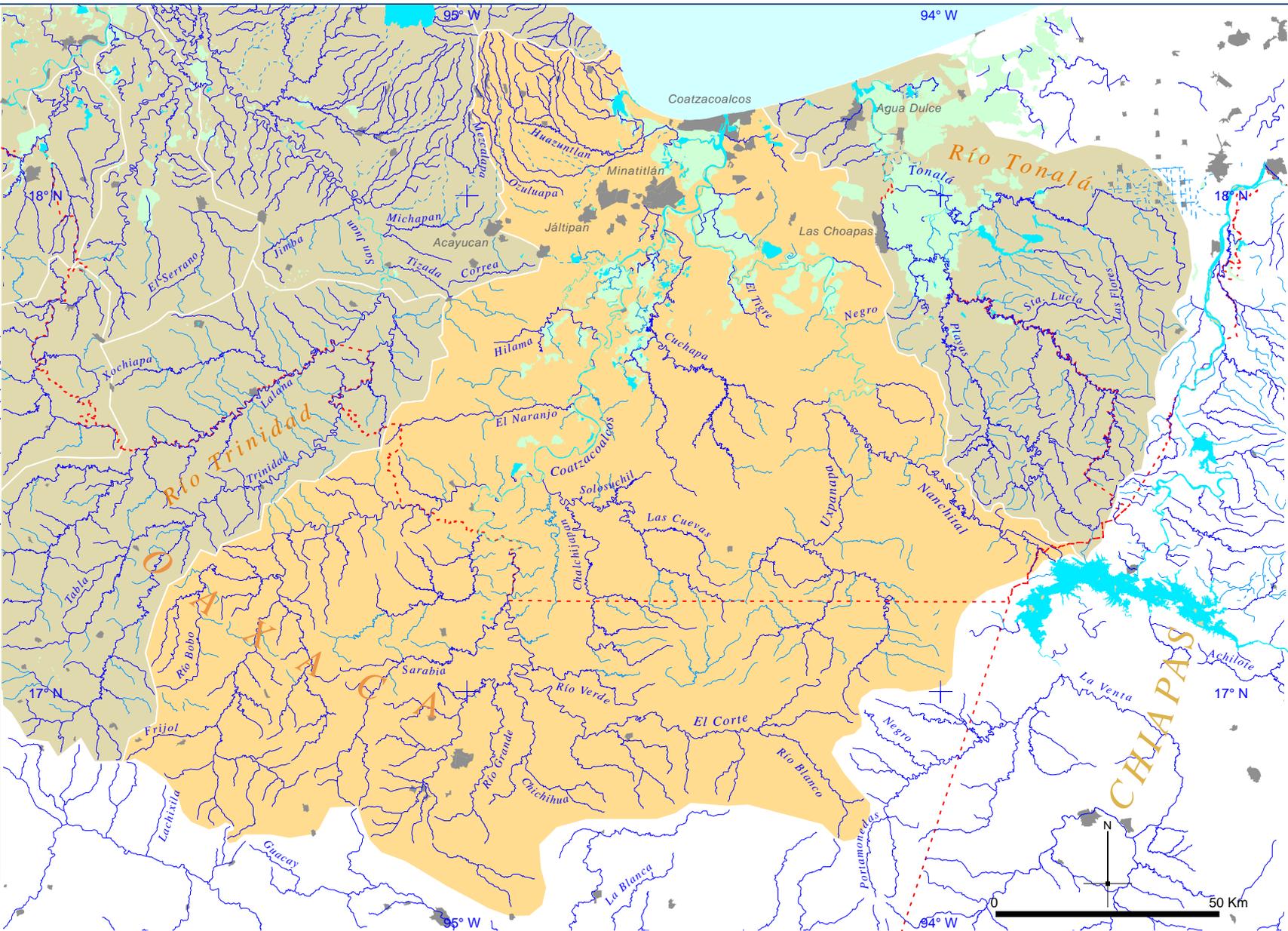
**Aprovechamientos hidráulicos.** A pesar del gran potencial hidráulico de la cuenca, aún no se ha construido ninguna obra hidráulica que permita aprovechar los recursos. Por ejemplo, aguas abajo de la confluencia del río Jaltepec con el Coatzacoalcos,

se presentan las últimas condiciones propicias para instalar un vaso de almacenamiento, que podría ser aprovechado para generar energía eléctrica. Con este motivo, 7 km aguas arriba de la citada confluencia, funciona, desde febrero de 1953, la estación hidrométrica Las Perlas, donde además de monitorear el escurrimiento se toman muestras de azolves desde 1955. Así como este lugar, existen otros en la zona montañosa que pueden ser habilitados como vasos de almacenamiento.

#### Cuenca del río Tonalá

La cuenca del río Tonalá se encuentra ubicada entre los 17° 14' y 18° 15' latitud norte, y los 93° 23' y 94° 21' longitud oeste

MAPA 23. CUENCA DEL RÍO COATZACOALCOS



(MAPA 24). Tiene un área aproximada de 5,679 km<sup>2</sup>, distribuida entre los estados de Tabasco y Veracruz (SRH, 1971). El río Tonalá nace en los límites de los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, en la Sierra Madre de Chiapas a 1,000 m de altitud; prácticamente en todo su recorrido sirve como división política natural entre los estados de Veracruz y Tabasco. En su tramo original se llama río Pedregal. El cauce principal sigue una dirección general NNO, de modo que hacia la margen izquierda el área drenada (2,344 km<sup>2</sup>) pertenece al estado de Veracruz. El área de la margen derecha (3,335 km<sup>2</sup>)

pertenece al estado de Tabasco. Esta corriente es navegable por pequeñas embarcaciones (Islas y Pereyra, 1990). En su recorrido, el colector general pasa por varias poblaciones relevantes como Francisco Rueda, Las Choapas y Tonalá.

La longitud total del cauce es de 150 km; de ella 120 km se desarrollan debajo de los 200 m de altitud, lo que da lugar a un tramo sinuoso y con algunas lagunas en la parte final del recorrido. Los afluentes del lado izquierdo, citados de aguas arriba a aguas abajo, son: el río Playa o Xocoapan, que nace

