

# Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz

Enrique Florescano • Juan Ortiz  
COORDINADORES



I Patrimonio Natural



El Gobierno del Estado considera una responsabilidad primaria con el pueblo de Veracruz el poner a su alcance el conocimiento de las enormes riquezas patrimoniales que constituyen el legado natural, histórico y cultural que ha conformado desde tiempo inmemorial el perfil de nuestra entidad.

Este territorio ha sido y es el fundamento sobre el que los veracruzanos han venido realizando la construcción material, social y cultural de un estado moderno y progresista, que se nutre de sus raíces más profundas y que tiene la mirada puesta en el futuro.

Con el propósito de sistematizar, actualizar y difundir entre las nuevas generaciones el conocimiento de la riqueza de ese patrimonio, la Comisión para la Conmemoración del Bicentenario de la Guerra de Independencia y del Centenario de la Revolución Mexicana del Estado de Veracruz publica en tres tomos este Atlas.

## TOMO I Patrimonio Natural

# Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz



VERACRUZ  
GOBIERNO DEL ESTADO



1810 | 1910 | 2010  
VERACRUZ



Universidad Veracruzana

---

**Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana**

**Mtro. Fidel Herrera Beltrán**  
Gobernador Constitucional del Estado

**Dip. Leopoldo Torres García**  
Presidente de la Mesa Directiva del H. Congreso del Estado

**Magdo. Reynaldo Madruga Picazzo**  
Presidente del Tribunal Superior de Justicia

**CONSEJO CONSULTIVO**

**Dr. Enrique Florescano**  
Presidente Ejecutivo

**Dr. Porfirio Carrillo Castilla**  
Secretario Ejecutivo

**Lic. Domingo Alberto Martínez Reséndiz**  
Secretario Ejecutivo

**Lic. Reynaldo Escobar Pérez**  
Secretario de Gobierno

**Lic. Sergio Villasana Delfín**  
Director del Instituto Veracruzano de Cultura

**Dr. Víctor Arredondo Álvarez**  
Secretario de Educación

**Dip. Fernando González Arroyo**  
Representante del Poder Legislativo

**C. Ángel Álvaro Peña**  
Secretario de Turismo y Cultura

**Magdo. Alejandro Hernández Viveros**  
Representante del Poder Judicial

**Lic. Salvador Sánchez Estrada**  
Secretario de Finanzas y Planeación

**Gral. Sergio Ayón Rodríguez**  
Representante de la Secretaría de la Defensa Nacional

**Lic. Ranulfo Márquez Hernández**  
Secretario de Desarrollo Social y Medio Ambiente

**Vicealm. C.G. DEM. Sergio Javier Lara Montellano**  
Representante de la Secretaría de Marina

**Dr. Raúl Arias Lovillo**  
Rector de la Universidad Veracruzana

**Dr. Carlos Luna Escudero**  
Representante del Sector Empresarial

**Dra. Olivia Domínguez Pérez**  
Directora del Archivo General del Estado

**Profr. Romeo Ramírez Jiménez**  
Representante Social

---

**SUBCOMISIONES**

**Lic. Miguel Limón Rojas**  
Educación y Cultura

**Dr. Arturo Gómez-Pompa**  
Recuperación y Salvaguarda del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural

**Mtro. Francisco Arredondo e Ing. Miguel Hernández**  
Conservación y Desarrollo del Espacio Público

**Lic. Dionisio Pérez-Jácome y Arq. Miguel Ehrenzweig**  
Obras y Proyectos

**Antrop. Julio César Eloss Moctezuma**  
Preservación y Desarrollo de los Pueblos Indígenas

**Dr. Félix Báez-Jorge**  
Publicaciones

**Profr. Juan Nicolás Callejas y Lic. Salomón Bazbaz**  
Festejos y Conmemoraciones



**TOMO I**  
**Patrimonio Natural**

Griselda Benítez Badillo y Carlos Welsh Rodríguez  
Coordinadores

**Atlas** del Patrimonio  
**Natural, Histórico y Cultural**  
de **Veracruz**

Enrique Florescano y Juan Ortiz Escamilla  
Coordinadores

**Coordinación general:** Enrique Florescano y Juan Ortiz Escamilla  
**Coordinación Tomo I:** Griselda Benítez Badillo y Carlos Welsh Rodríguez

**Cuidado de edición:** Ignacio Aguilar Marcué  
**Diseño y formación:** Vladimir Rivera y Karina Juárez  
**Cartografía:** Rafael Palma Grayeb  
**Fotografía:** Gerardo Sánchez Vigil

© Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración  
de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana  
[www.centenariosveracruz.gob.mx](http://www.centenariosveracruz.gob.mx)

**ISBN** Obra completa 978-607-95131-5-3  
**ISBN** Tomo I 978-607-95131-6-0

**Primera edición** Enero de 2010  
**Impreso en México**



## ÍNDICE

### PRESENTACIÓN 11

Fidel Herrera Beltrán

### PRÓLOGO 15

Enrique Florescano

### INTRODUCCIÓN 21

#### PATRIMONIO NATURAL DE VERACRUZ

Griselda Benítez Badillo

Carlos Welsh Rodríguez

### MEDIO FÍSICO

#### FISIOGRAFÍA Y SUELOS 29

Alexandro Medina Chena

Teófilo Edmundo Salazar Chimal

José Luis Álvarez Palacios

#### GEOLOGÍA 43

Sergio R. Rodríguez Elizarrarás

Wendy V. Morales Barrera

#### CLIMATOLOGÍA 65

Alfredo Ruíz Barradas

Adalberto Tejeda Martínez

Saúl Miranda Alonso

Rodrigo Humberto Flores Zamudio

#### HIDROLOGÍA 85

Domitilo Pereyra Díaz

José Antonio Agustín Pérez Sesma

María del Rocío Salas Ortega

#### ZONA COSTERA 123

Leonardo D. Ortiz Lozano

Patricia Arceo Briseño

Alejandro Granados Barba

David Salas Monreal

Lourdes Jiménez Badillo

#### CALIDAD DE AGUA 147

Eric Houbrón

### MEDIO BIÓTICO

#### BIODIVERSIDAD 171

Griselda Benítez Badillo

Arturo Hernández Huerta

Miguel Equihua Zamora

María Teresa Patricia Pulido Salas

Sergio Ibáñez Bernal

Leticia Miranda Martín del Campo

#### VEGETACIÓN Y USO DE SUELO 203

Edward Alan Ellis

Marisol Martínez Bello

#### HUMEDALES 227

Jorge Alejandro López Portillo

Víctor Manuel Vásquez Reyes

León Rodrigo Gómez Aguilar

Ángel Guadalupe Priego Santander

#### ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 249

Mario Vázquez Torres

César I. Carvajal Hernández

Ana María Aquino Zapata



# Presentación



## TERRITORIO DEL ESTADO DE VERACRUZ



**EN LA CONSTRUCCIÓN HISTÓRICA** que paso a paso va formando el devenir de los pueblos, éstos despliegan una inmensa energía social dirigida hacia la consecución de sus afanes, ideales y aspiraciones. Mediante este esfuerzo cotidiano y colectivo que realizan mujeres y hombres se construye la realidad material, cultural y espiritual que llamamos patrimonio de la nación, la región o la localidad. Es de importancia capital que las generaciones herederas de ese relevante pasado forjado a lo largo de siglos, conozcan, aquilaten y preserven los valores sustantivos que definen los rasgos de nuestro ser histórico.

El Gobierno del Estado considera una responsabilidad primaria con el pueblo de Veracruz el poner a su alcance el conocimiento de las enormes riquezas patrimoniales que constituyen el legado natural, histórico y cultural que ha conformado desde tiempo inmemorial el perfil de nuestra entidad. Este territorio ha sido y es el fundamento sobre el que los veracruzanos han venido realizando la construcción material, social y cultural de un estado moderno y progresista, que se nutre de sus raíces más profundas y que tiene la mirada puesta en el futuro. Con el propósito de sistematizar, actualizar y difundir entre las nuevas generaciones el conocimiento de la riqueza de ese patrimonio, la Comisión para la Conmemoración del Bicentenario de la Guerra de Independencia y del Centenario de la Revolución Mexicana del Estado de Veracruz publica en tres tomos este *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*.

Esta obra, producto del esfuerzo colectivo de muchos académicos y estudiosos veracruzanos –nuestro actual patrimonio científico y cultural–, es el instrumento de consulta necesario para apoyar el sistema educativo en todos los niveles, reforzar los valores identitarios de los veracruzanos e incrementar el bagaje cultural de la sociedad. Este Atlas veracruzano ofrece una historia de larga duración en la que el territorio es el crisol donde se funden y combinan los recursos naturales, históricos y culturales que debemos conocer, revalorar y preservar como parte del ser veracruzano, y como patrimonio no sólo de nuestro estado y de México sino de la humanidad. Estos tres volúmenes, de amena lectura y gran belleza, subrayan y reafirman el papel que históricamente ha desempeñado Veracruz en el contexto del desarrollo de México.

FIDEL HERRERA BELTRÁN  
Gobernador del Estado de Veracruz



---

**AUN CUANDO EL INTERÉS POR EL PATRIMONIO** viene de lejos,<sup>1</sup> a partir de mediados del siglo XX se manifestó un celo creciente por el patrimonio, tanto nacional como mundial. Numerosas reuniones e investigaciones de expertos se afanaron en definir los distintos bienes que han de considerarse parte de este concepto e imaginar acciones constructivas dedicadas a su protección y salvaguarda.

Los sectores culturales y científicos de las naciones, y la UNESCO en el ámbito internacional, propusieron nuevas formas de catalogación e inventario de los distintos patrimonios, y un abanico de normas dedicadas a su protección y mejor conocimiento. De esa intensa inquisición resultaron las leyes, normas, resoluciones y políticas internacionales, nacionales y regionales que hoy intentan frenar su deterioro e impulsar estrategias dedicadas a su conservación. Otro resultado de ese interés sostenido es la aparición de definiciones que amplían el concepto que se tenía de patrimonio y obligan a crear nuevas reglamentaciones para protegerlo. Así, unos autores consideran que el patrimonio natural puede definirse como “el conjunto de bienes y servicios que constituyen la base biofísica del sostenimiento de la sociedad”, es decir, consideran que este patrimonio es “el capital natural o la base de recursos naturales que hacen posible la reproducción de la sociedad y garantizan su mantenimiento en el largo plazo”.<sup>2</sup> Por otra parte, el patrimonio histórico se ha descrito como el conjunto de testimonios (materiales y orales) que se preservan en la memoria colectiva de una sociedad, y que mediante su análisis le permiten reflexionar sobre su pasado, tomar conciencia de su presente y al mismo tiempo proyectar su futuro. Quienes se ocupan del patrimonio cultural lo definen como “el conjunto de los productos artísticos, artesanales y técnicos, de las expresiones literarias, lingüísticas y musicales, de los usos y costumbres de todos los pueblos étnicos, del pasado y el presente”.<sup>3</sup>

Patrimonio es entonces el conjunto de bienes naturales, históricos y culturales que constituyen a los Estados, el basamento que sostiene y dota de sentido al cuerpo

<sup>1</sup> André Chastel, 1986, “La notion de patrimoine”, en Pierre Nora (director), *Les lieux de mémoire. II. La Nation*, pp. 405-493.

<sup>2</sup> Esteban Barragán López, Juan Ortiz Escamilla y Alejandro Toledo Ocampo, 2007, *Patrimonios. Cuenca del río Tepalcatepec*. El Colegio de Michoacán-Gobierno del Estado de Michoacán, pp. 26, 31-34.

<sup>3</sup> Teixeira Coelho, 2000, *Diccionario de política cultural: cultura e imaginario*. Conaculta-Iteso-Secretaría de Cultura de Jalisco, pp. 371-378.

social de la nación, y el saber indispensable para proyectar su desarrollo futuro. Salta a la vista que no es posible proteger, conservar y enriquecer ese patrimonio si no disponemos de un inventario riguroso del mismo, documentado y actualizado, acompañado de la necesaria información que nos instruya sobre cómo se fue constituyendo en el transcurso del tiempo.

En Veracruz, afortunadamente, desde tiempo atrás se inició el estudio de sus recursos naturales (bosques, plantas, fauna, aguas y mares), así como el de sus cuencas y regiones ecológicas.<sup>4</sup> Historiadores y arqueólogos reconstruyeron el pasado desde los tiempos más remotos, y junto con los antropólogos y los escritores dibujaron los trazos esenciales del patrimonio histórico y cultural.<sup>5</sup> Pero faltaba un libro que uniera esos diversos saberes y los presentara, actualizados, bajo la forma de una totalidad interrelacionada. Este es el propósito y la ambición que inspiró la elaboración del *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*, que tiene en sus manos el lector.

Imaginar y llevar a la realidad una obra de tales dimensiones representó un esfuerzo colectivo. Su concepción está ligada a los numerosos estudios antes citados, sin los cuales no hubiera sido posible siquiera pensarla. Este primer basamento se complementó con la existencia de las instituciones y centros de investigación que conforman la sólida infraestructura científica, académica y cultural de nuestro estado. La acumulación de conocimientos que hoy atesoran esas instituciones, sus laboratorios, archivos, bibliotecas e inventarios, proporcionaron el acervo básico que permitió elaborar los tres libros que forman este Atlas veracruzano. En conjunto, esas instituciones, encabezadas por la Universidad Veracruzana,<sup>6</sup> le dan cuerpo a una infraestructura científica y cultural que sobresale en el panorama nacional, y que es el asiento donde laboran científicos, investigadores y profesores que se desempeñan en el variado y amplio abanico de las ciencias duras, las humanidades, las artes, las ciencias sociales, la tecnología, la enseñanza y la divulgación del conocimiento. Esta masa crítica de personal calificado es la columna vertebral sobre la que reposa este Atlas, ellos son sus autores y constructores.

<sup>4</sup> Son numerosos los estudios al respecto; como ejemplo pueden citarse las obras siguientes: Arturo Gómez Pompa y Silvia del Amo Rodríguez, 1985, *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz*, Edit. Alh ambra Mexicana, México; Víctor Manuel Toledo, et al., 1972, *Problemas biológicos de la región de los Tuxtlas, Veracruz*, UNAM-Academia de la Investigación Científica, México; Gonzalo Castillo-Campos y Ma. Teresa Mejía-Saulés (eds.), 1994, *Problemática ambiental en el estado de Veracruz*, Colegio Profesional de Biólogos del Estado de Veracruz, Xalapa.

<sup>5</sup> La literatura sobre el patrimonio histórico y cultural de Veracruz es también abundante. Como mero ejemplo, recordamos las siguientes obras: Eckart Boege e Hipólito Rodríguez (coords.), 1992, *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*, Instituto de Ecología, México; José Luis Aceves Rubio, Adriana Niembro Roca (eds.), 1994, *Ecología y desarrollo urbano: problemática ambiental en el estado de Veracruz*, Colegio Profesional de Biólogos del Estado de Veracruz, Xalapa; José Manuel Velasco Toro y Félix Báez-Jorge, (coords.) 2000, *Ensayos sobre la cultura de Veracruz*, Universidad Veracruzana, Xalapa.

<sup>6</sup> Además de ésta, el Instituto de Ecología, el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, el Instituto Nacional de Antropología e Historia, la Universidad Nacional Autónoma de México y el Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos de la Embajada de Francia, entre otras.

El compromiso de los coordinadores, académicos, técnicos y editores de trabajar unidos en la realización de una empresa colectiva cuyo objetivo final es volcar hacia la sociedad ese rico saber acumulado, es otra de las características que distinguen a esta obra. Los numerosos autores que participaron en ella son expertos reconocidos en cada uno de sus campos, pero aquí se esforzaron por transmitir sus conocimientos en un lenguaje claro y adecuado al propósito de servir a un público amplio, y de manera privilegiada a los profesores y estudiantes, a las nuevas generaciones. Al dar cuenta de la extraordinaria biodiversidad del territorio, de la singular trayectoria histórica de sus pobladores, de la diversidad social que los conforma y de sus tesoros culturales y artísticos, este Atlas cumple con la tarea de hacer conscientes a los ciudadanos, legisladores, autoridades municipales y funcionarios gubernamentales del alto valor de ese patrimonio y de la responsabilidad que nos obliga a proteger, cuidar y conservar la herencia que nos legaron sucesivas generaciones de veracruzanos y mexicanos.

Consciente de la importancia de esta empresa, y de su eminente función social, el gobernador del Estado, maestro Fidel Herrera Beltrán, le brindó todo su apoyo y propuso que se incorporara en el programa conmemorativo del Bicentenario de la Independencia y del Centenario de la Revolución Mexicana. Esta conjunción de instituciones, talentos académicos, creatividad y visión política trascendente, hizo posible la obra colectiva que hoy llega al público lector. Expreso mi profundo reconocimiento a cada uno de los autores y colaboradores de este libro, al doctor Juan Ortiz, el artífice unificador de las distintas voluntades que aquí concurren, y a Carmen Díaz Rivera, quien llevó por buen camino la coordinación del conjunto de la empresa.

ENRIQUE FLORESCANO ■



---

## PATRIMONIO NATURAL DE VERACRUZ

**EL PATRIMONIO NATURAL** ha sido definido por la UNESCO –de manera muy acorde con el contenido del tomo que el lector tiene en sus manos– como “el conjunto de las formaciones físicas, biológicas y geológicas excepcionales, el hábitat de especies animales y vegetales amenazadas, y las zonas que tengan valor científico, de conservación o estético”.<sup>1</sup> En su sentido más amplio y dinámico, lo podemos pensar como el conjunto de bienes y servicios ambientales que constituyen la base física y biológica del sustento de la sociedad, que se conoce también como capital natural y que es el que hace posible la vida.

El mantenimiento de este capital natural, la preservación de su integridad ecológica, son fundamentales para el funcionamiento de los sistemas naturales y sociales. La comprensión cabal del valor que tiene el capital natural, parte de apreciarlo como la base que hace posibles dos procesos evolutivos distintos pero estrechamente entrelazados: el orgánico, que ocurre entre los seres vivos, y el cultural, que tiene lugar en las sociedades humanas. El concepto de integridad ha sido ya manejado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –IUCN, por sus siglas en inglés– en la conservación y manejo del patrimonio natural, lo que ha llevado a la identificación de los procesos y elementos que constituyen los componentes fundamentales de los ecosistemas necesarios para la existencia de la vida misma. Asimismo, dicho concepto de integridad ha sido retomado y se ha hecho extensivo para la conservación de muchos bienes culturales y asentamientos históricos en sus contextos. Se adopta así un enfoque dinámico similar al del manejo y conservación de los recursos naturales. De esta manera es posible, conjuntando lo natural y lo social, lograr una conservación integral de un sitio. El *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz* ha sido realizado bajo esta filosofía.

Veracruz, con una superficie de 72,815 km<sup>2</sup>, es el décimo estado de la República Mexicana en extensión, y representa el 3.7 por ciento de la superficie total del país. En su territorio se encuentra una gran variedad de ecosistemas y de especies que hacen de él un estado megadiverso, motivo por el cual es necesario contar con un documento que refiera y retrate la belleza y la riqueza de nuestra entidad, objetivo que cumple cabalmente este Tomo I sobre Patrimonio Natral.

---

<sup>1</sup> XVIIª Reunión de la Conferencia General de la UNESCO, París, 17 de octubre al 21 de noviembre de 1972.

El territorio veracruzano es un espacio pleno de matices en la belleza inigualable de su paisaje. Sus condiciones geográficas lo hacen único por la riqueza de sus ecosistemas: en su parte más septentrional tiene, como frontera natural por el lado oeste, la Sierra Madre Oriental, pero es cruzado también por el Eje Volcánico Transversal y, hacia el sur, cuenta con otras formaciones orográficas propias, como el macizo volcánico de Los Tuxtlas y la Sierra de Santa Marta. Todo ello y su litoral sobre las cálidas aguas del golfo de México le permiten contar con cumbres, valles, ríos, bosques de montaña, selvas tropicales, llanuras, sabanas y lomeríos, además de complejos lagunares, islas e islotes, que le proveen una riqueza natural envidiable. Por todo esto, Veracruz, además de orgullo de sus habitantes, es en sí mismo mucho más que un diverso conjunto de bienes y servicios ambientales. En realidad es un espacio del Patrimonio Natural de México que ha de ser reconocido, protegido y conservado, además de servir de base axiológica para promover el equilibrio ecológico.

El presente tomo tiene como objetivo proporcionar al lector una visión amplia, integradora y comprensible de la extraordinaria riqueza natural del estado. El análisis que se presenta, sin embargo, además de la exposición de las condiciones físicas de nuestro territorio, está entrelazado con innumerables consideraciones de tipo cultural, en virtud de los contrastes y problemas que nuestro propio desarrollo ha generado, y que en muchos casos nos han llevado a la destrucción de valores naturales de increíble belleza e importancia. Así, uno de los principales propósitos de este Atlas es propiciar una justa valoración de la problemática que enfrentan los recursos naturales de Veracruz, no sólo para hacer conciencia del desequilibrio ambiental a que nos ha llevado nuestro modelo de civilización, sino primordialmente para buscar las formas de revertirlo.

Veracruz posee mapas mucho antes de la llegada de los españoles. Los indígenas representaron en lienzos de diversos materiales, y de manera muy detallada y bella, los paisajes de sus pueblos, campos, lugares y alrededores, hasta donde les era posible ver. Estas obras son el antecedente más antiguo de los mapas de México. Más tarde, los conquistadores fueron creando representaciones e imágenes de sus nuevas posesiones, ciudades y provincias. Así, los europeos se hicieron una idea y empezaron a conocer cómo era esta otra parte del mundo que antes no conocían. Cuando Felipe II ascendió al trono en 1556, muy poco era lo que se sabía de los territorios conquistados. Por ello creó una comisión para realizar un levantamiento que se llevó a cabo entre 1578 y 1584. Como resultado de estos trabajos surgieron mapas locales y regionales, así como descripciones de la geografía, los recursos y la historia de algunos territorios de las posesiones españolas en América. Tales elaboraciones se recopilaron dentro de los documentos cartográficos de las *Relaciones Geográficas*, el registro en la materia más completo del siglo XVI.

El *Atlas Geográfico y Físico del Reino de la Nueva España* de Humboldt fue la siguiente gran obra sobre mapas de México.<sup>2</sup> En él, Humboldt destaca al estado de Veracruz no sólo por su importancia económica sino por su riqueza natural. En “El Plano del

<sup>2</sup> Charles Minguet y Jaime Labastida (coord.), 2003, *Alexander von Humboldt. Atlas Geográfico y Físico del Reino de la Nueva España*, Siglo XXI Editores, Biblioteca Nacional, UNAM, México, 149 pp.

Puerto de Veracruz” (XI), el sabio alemán señala que la obra resultaría incompleta si no se incluyera al Puerto como el sitio por donde salen todas las riquezas de México a Europa.

En el presente volumen se desarrollan diez temas en otros tantos capítulos, a través de los cuales se describen los más sobresalientes rasgos del patrimonio natural de Veracruz, mostrando por medio de mapas y fotografías su riqueza y diversidad natural.

Los temas son los siguientes. El primero de ellos se refiere a la fisiografía y suelo veracruzanos, en cuya formación han participado —y continúan haciéndolo— diversos procesos geológicos, geomorfológicos y edafológicos que han llevado a conformar una región con gran diversidad de paisajes y recursos. La particular ubicación y distribución del territorio del estado a lo largo de la larga franja que ocupa entre el Golfo de México y las formaciones orográficas del Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur, principalmente, le han provisto de gran heterogeneidad de geoformas, a pesar de que gran parte del estado tiene un origen geológico relativamente reciente. En Veracruz las condiciones de temperatura y precipitación causan un fuerte intemperismo, es decir la descomposición física y la alteración química de las rocas comparativamente más suaves, pero también de las ígneas, de tal manera que dominan los suelos profundos sobre los limitados por rocas a menos de un metro de profundidad. Por otra parte, el relieve predominantemente llano ha dado lugar a que los procesos de evolución de los suelos sean lentos. Así, 70 por ciento son suelos jóvenes —en su mayoría arcillosos—, no han perdido gran cantidad de sus nutrientes naturales y se distribuyen por todo el estado. Por su parte, los maduros —en los que la pérdida de elementos esenciales para la nutrición de las plantas ha sido considerable— se concentran en el sureste y representan el 30 por ciento restante.

Otro capítulo realiza un largo recorrido por el tiempo para referirnos la historia geológica de nuestra entidad. Veracruz cuenta con una extensa planicie costera que por el norte se eleva ligeramente hacia la Huasteca y por el sur se interrumpe en la región de Los Tuxtlas por una pequeña serranía, en la cual el volcán San Martín es la máxima altura. La Sierra Madre Oriental y el Sistema Volcánico Transversal también se despliegan por parte del territorio veracruzano; dentro de este sistema destacan el Pico de Orizaba o Citlaltépetl con 5,675 msnm, el volcán más alto de México y de toda Norteamérica, y el Cofre de Perote, que tiene 4,282 msnm. Estas prominencias son las expresiones morfológicas más complejas y variadas en nuestro territorio.

Tanto las planicies como las elevaciones, además de una gran cantidad de otros factores, configuran los climas —tratados y explicados en otro capítulo—, los cuales en buena medida son determinados por sistemas de circulación atmosférica con dos tipos de masas de aire que se alternan: la tropical, primordialmente en el semestre centrado en el verano, y la polar, que tiene incursiones frecuentes durante el invierno.

El estado de Veracruz cuenta con más de 40 ríos que conforman 13 cuencas hidrológicas. Entre los ríos que lo recorren, existen algunos de gran longitud y caudal, entre los que cabe mencionar el Pánuco, Tuxpan, Cazonas, Nautla, Antigua, Jamapa, Papaloapan y Coatzacoalcos. Las corrientes de estos y de casi todos los demás ríos que surcan su territorio desembocan en el Golfo de México.

A lo largo de buena parte de éste se extiende la zona costera veracruzana, que se define como la franja en la cual tiene lugar una marcada interacción entre el medio marino y el terrestre, considerando por ello que tiene una porción “seca” y otra “mojada”.

La calidad del agua es un tema de vital importancia, sobre todo cuando la mayoría de los ríos veracruzanos no tienen la calidad deseable pues presentan diversos grados de contaminación. Por lo general, las aguas en los nacimientos son de buena calidad, con valores de 70 al 100 por ciento. Sin embargo, al acercarse a las manchas urbanas, la calidad se pierde inmediatamente de 20 a 40 por ciento por las descargas de aguas residuales urbanas e industriales, parcialmente tratadas o no, así como por la basura.

La gran riqueza de especies y ecosistemas en Veracruz está determinada por su ubicación geográfica en la parte central del Golfo de México y por su topografía —en un gradiente altitudinal de la costa a las montañas entre 0 y 5,610 msnm—, que dan como resultado climas que van de los cálidos húmedos, a los secos o áridos, los templados y los semifríos. Así, la biodiversidad de Veracruz se asocia con la confluencia de especies neárticas y neotropicales. La entidad posee una alta diversidad de regiones ecológicas, pero con una fuerte fragmentación y una superficie conservada muy reducida; ocupa el tercer lugar nacional por la riqueza de especies vegetales, después de Oaxaca y Chiapas. Los tipos de vegetación de mayor riqueza son las selvas. El bosque de niebla cuenta con casi 10 por ciento de las especies del país. También es uno de los estados de México con mayor diversidad de fauna.

Enseguida se desarrolla el tema de vegetación y uso del suelo. En Veracruz podemos encontrar selva alta y mediana, selva baja, bosques de pino, de encino, de oyamel, mesófilo de montaña, matorral xerófilo, manglar, sabana, vegetación de dunas costeras y vegetación hidrófila. Pero es lamentable que sólo se conserve 15.2 por ciento de la superficie del estado. Esta vegetación ocupa en total alrededor de 1'091,599 ha, concentradas sobre todo en terrenos accidentados y de grandes pendientes, en muchas ocasiones inaccesibles, situación que ha permitido su conservación, ya que prácticamente son terrenos inútiles para la actividad agropecuaria.

Los humedales son ecosistemas asociados a ambientes con gran abundancia de recursos hídricos por altas precipitaciones de lluvia, neblina o incluso nieve; suelen estar asociados a los vientos alisios cargados de humedad que cruzan la planicie costera del Golfo y chocan con la Sierra Madre Oriental. Los ambientes de humedal o humedales son zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que

constituyen áreas de inundación temporal o permanente —pantanos, ciénagas y marismas—, donde el suelo es predominantemente hídrico, y zonas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.

Veracruz es considerado como uno de los estados megadiversos de México, pero también es uno de los que tienen mayor tasa de deforestación anual, lo que trae como consecuencia una serie de problemas que ponen en riesgo la integridad ambiental, social y económica del estado. Una estrategia para combatir o revertir dichos problemas ambientales ha sido la delimitación de áreas que conserven los recursos naturales aún existentes. Las áreas naturales protegidas son definidas por la legislación federal como zonas del territorio nacional en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas a un régimen de protección.

Cada uno de estos temas se aborda con énfasis en la ubicación espacial del patrimonio natural y cultural, pues nuestra relación cotidiana con éste se aprecia mejor al reconocer su dimensión geográfica. Así, toma forma y color la declaración que asevera que “la geografía del estado de Veracruz queda descrita, en buena medida, por la distribución de sus climas, no sólo por lo que hace a sus paisajes, sino también a sus mujeres y hombres, que parecen adoptar el temperamento de sus tierras”. Este Atlas busca contribuir a crear conciencia sobre la necesidad urgente de valorar, proteger y conservar la riqueza del patrimonio natural y cultural del estado de Veracruz.

GRISELDA BENÍTEZ BADILLO  
CARLOS WELSH RODRÍGUEZ





# Fisiografía y suelos

ALEXANDRO MEDINA CHENA · TEÓFILO EDMUNDO SALAZAR CHIMAL  
JOSÉ LUIS ÁLVAREZ PALACIOS



#### **ALEXANDRO MEDINA CHENA**

Biólogo egresado de la Universidad Veracruzana, donde también cursó la especialidad en Climatología. Tiene maestría en Geografía por la UNAM. Técnico Académico del Instituto de Ecología, A.C. desde agosto de 1994, actualmente labora en el departamento de Ecología Aplicada. Responsable de temas de medio físico (climatología, calidad del aire, geología, suelos e hidrología superficial y subterránea), y en proyectos de vinculación y servicios del departamento, principalmente en estudios de impacto ambiental de grandes proyectos de desarrollo de interés nacional. Participó en la elaboración del Plan Veracruzano de Adaptación al Cambio Climático. Profesor en la UV en temas de Meteorología y Climatología.

#### **TEÓFILO EDMUNDO SALAZAR CHIMAL**

Técnico en Suelos y Fertilizantes, biólogo del Área de Ecología Terrestre por la Universidad Veracruzana y especialista en Ecotecnología por el Instituto de Ciencias Avanzadas A. C. Ha sido docente en el nivel de licenciatura en Ingeniería Agrohídrica de la BUAP y asesor de diversas organizaciones de productores en la gestión y desarrollo de proyectos productivos del sector rural. Actualmente es colaborador del grupo de Gestión Ambiental del Departamento de Ecología Aplicada del Instituto de Ecología A.C. en el apartado del Medio Físico, específicamente en temas de Suelo e Hidrología.

#### **JOSÉ LUIS ÁLVAREZ PALACIOS**

Biólogo egresado de la Universidad Veracruzana, cursó la maestría en Geografía en la UNAM. Es técnico académico de tiempo completo del Instituto de Ecología, A.C. desde octubre de 2002; actualmente labora en el departamento de Ecología Aplicada. Responsable de la aplicación de Sistema de Información Geográfica (SIG), Cartografía Digital y Percepción Remota para la identificación y análisis en el cambio de uso del suelo, evaluación de impactos por la construcción de grandes obras para el desarrollo. Ha participado y colaborado en 38 proyectos de prestaciones de servicios públicos y privados relacionados con el impacto ambiental. Es colaborador en el apartado de biodiversidad del Plan Veracruzano de Adaptación al Cambio Climático.

**EN LA FORMACIÓN DEL TERRITORIO** y el suelo veracruzanos han participado –y continúan haciéndolo– diversos procesos geológicos, geomorfológicos y edafológicos que han llevado a conformar una región con gran diversidad de paisajes y recursos. La importante superficie territorial del estado así como su particular ubicación y distribución a lo largo de la larga franja de tierra que ocupa entre el Golfo de México y las sierras y montañas del Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur, principalmente, le han provisto de gran diversidad de geoformas, a pesar de que gran parte del estado tiene un origen geológico relativamente reciente.

Aquí se describen brevemente las provincias fisiográficas y las características generales de los tipos de suelo que conforman el Estado de Veracruz.

### **FISIOGRAFÍA**

En ciencias de la tierra, una región se considera provincia o región fisiográfica cuando presenta un origen geológico unitario sobre la mayor parte de su área, así como una morfología y litología propias y distintivas. Estas unidades a su vez pueden ser divididas en una serie de subprovincias fisiográficas, que pueden presentar elementos discordantes conocidos como discontinuidades fisiográficas.

La República Mexicana ha sido dividida en 15 diferentes provincias fisiográficas, de las cuales el estado de Veracruz abarca áreas que corresponden, en mayor o menor medida, a siete provincias fisiográficas: la Llanura Costera del Golfo Norte, que abarca desde el límite con Tamaulipas hasta la región de Nautla; la Sierra Madre Oriental, en su porción

noreste; el Eje Neovolcánico, que forma la porción central montañosa del estado; la Sierra Madre del Sur, en su extremo oeste; la Llanura Costera del Golfo Sur, que va del límite con el Eje Neovolcánico hasta el estado de Tabasco; así como dos pequeñas fracciones de las provincias llamadas Cordillera Centroamericana y Sierras de Chiapas y Guatemala, en el extremo sureste del Estado.



PROVINCIAS FISIGRÁFICAS	PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE ESTATAL %
Llanura Costera del Golfo Sur	48.3
Llanura Costera del Golfo Norte	28.8
Eje Neovolcánico	11.1
Sierra Madre Oriental	4.9
Sierras de Chiapas y Guatemala	2.9
Sierra Madre del Sur	2.8
Cordillera Centroamericana	0.6
Cuerpos de Agua	0.6

Cuadro 1. Provincias fisiográficas del estado de Veracruz.

### Provincia Llanura Costera del Golfo Norte

Esta provincia se extiende paralela a las costas del Golfo de México, desde el río Bravo hasta la zona de Nautla. La presencia de una costa de emersión está claramente indicada por los siguientes factores observados: la dominancia de materiales sedimentarios marinos no consolidados cuya edad se incrementa conforme el área se distancia de la costa, con materiales que van desde el Cuaternario, hasta del Cretácico –cerca del límite con la Sierra Madre Oriental–; la escasa depositación de aluviones en los ríos que desembocan en sus costas (Bravo, Soto la Marina, Tamesí, Pánuco, Tuxpan, Cazones Tecolutla y Nautla), así como la presencia de barras que encierran a las lagunas Madre, Tamiahua y Tampamachoco.

La porción veracruzana de esta provincia se divide a su vez en dos subprovincias: Llanuras y Lomeríos y Llanura Costera Tamaulipeca.

#### Subprovincia Llanura Costera Tamaulipeca

Esta subprovincia está representada, dentro de la entidad, por el sistema de topeformas denominado barras, que abarca una superficie de 369.81 km<sup>2</sup>, principalmente constituida por materiales arcillo-arenosos recientes. La barra más amplia es la que encierra a la laguna de Tamiahua, seguida por la laguna de Tampamachoco, limitada por la barra de Tuxpan.

#### Subprovincia Llanuras y Lomeríos

La mayor parte del sur de esta subprovincia, desde Tampico hasta Misantla, queda incluida dentro de Veracruz, donde abarca 20,792.50 km<sup>2</sup> de la superficie total estatal, en terrenos que abarcan 27 municipios completos y parte de otros 17. En el norte de la entidad se encuentra gran parte de la cuenca baja del Pánuco, en la que dominan llanuras aluviales y salinas, inundables y con lagunas permanentes asociadas con lomeríos. Hacia el sur, hasta el valle de Tuxpan, siguen extensos sistemas de lomeríos suaves asociados con llanos y algunos con cañadas.

Junto a la sierra, al occidente, se localiza el amplio valle de laderas tendidas por el que fluye el río Moctezuma, que al recibir las aguas del Tempoal recibe el nombre de Pánuco. Al oeste, cerca de la sierra, hay mesetas constituidas de sedimentos antiguos.

### Provincia Sierra Madre Oriental

Se ubica en forma más o menos paralela a la costa del Golfo de México, desde la frontera norte del país hasta su límite con el Eje Neovolcánico, cerca de Teziutlán, y abarca parte de Durango, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz.

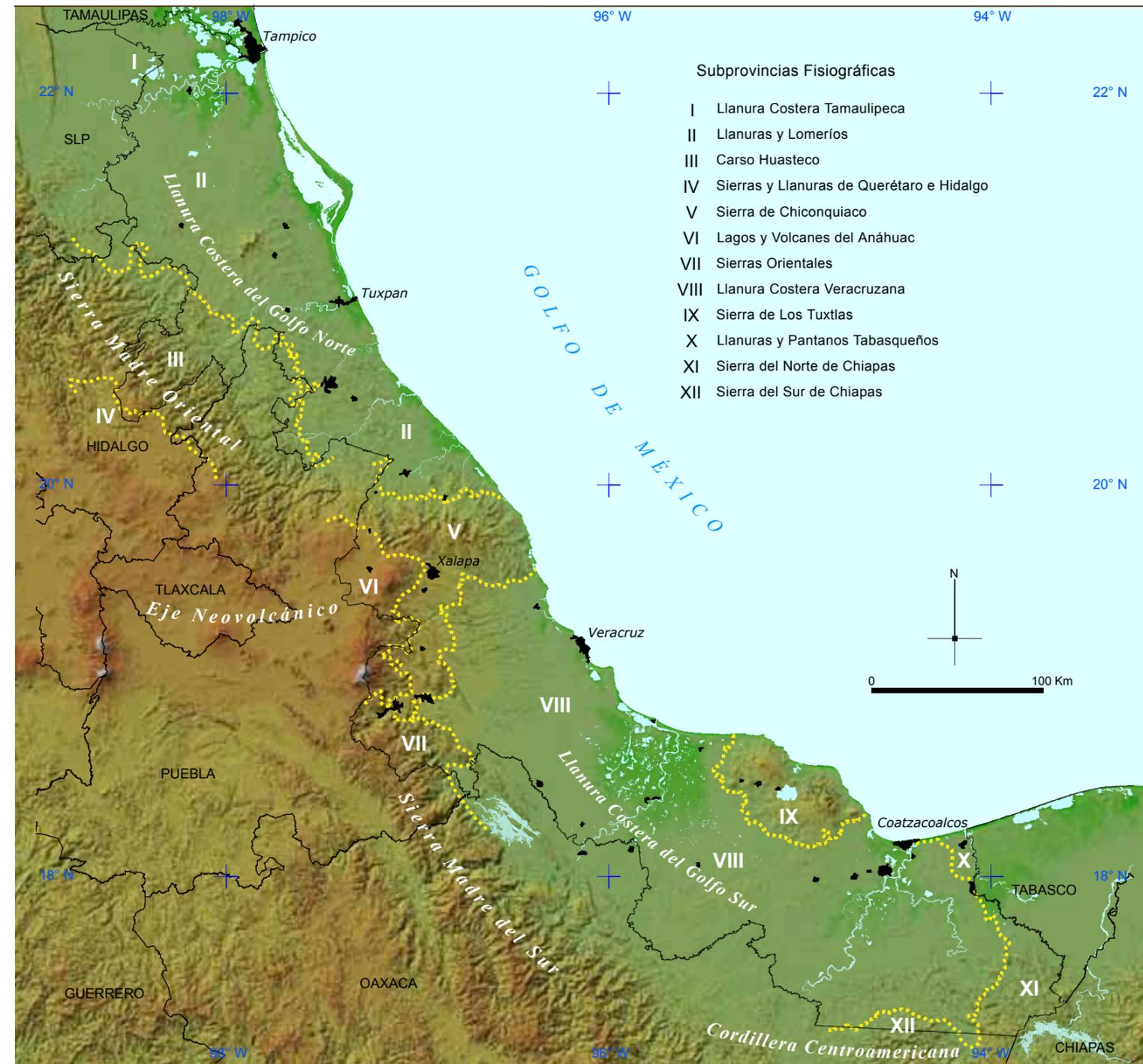
Se trata fundamentalmente de un conjunto de sierras menores de estratos plegados, de rocas sedimentarias marinas del Cretácico y Jurásico Superior, entre las que predominan las calizas, las areniscas y las lutitas. La porción veracruzana corresponde a la subprovincia Carso Huasteco.

#### Subprovincia Carso Huasteco

Es una zona de sierras plegadas constituidas predominantemente por rocas calizas, con un alto grado de disección, desarrollo de cañones y la presencia de dolinas, pozos y grutas características del terreno cárstico, aunque la porción veracruzana de esta subprovincia se caracteriza por material sedimentario marino sin esos rasgos.

La superficie que abarca esta región en la entidad es de 2,676.08 km<sup>2</sup>, que abarcan siete municipios en su totalidad y parte de otros siete. Regionalmente, la zona es conocida como Huasteca Veracruzana y su territorio es surcado por algunos de los afluentes del río Tempoal, tributario del Pánuco.

MAPA 1. SUBPROVINCIAS FISIGRÁFICAS DEL ESTADO DE VERACRUZ



## Provincia Eje Neovolcánico

Esta provincia se puede describir como una acumulación de estructuras volcánicas de diversos tipos, originada en numerosos y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario y continuaron hasta el presente. Uno de sus rasgos característicos es la franja de volcanes que se extiende de oeste a este, casi en línea recta, alrededor del paralelo 19°. Además de los grandes estrato-volcanes de México y algunos volcanes en escudo, esta provincia incluye sierras volcánicas, grandes coladas de lava, depósitos de ceniza, cuencas cerradas ocupadas por lagos y estructuras de calderas volcánicas.

En el estado de Veracruz se encuentran áreas que forman parte de tres subprovincias del Eje Neovolcánico: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, Lagos y Volcanes de Anáhuac y la Sierra de Chiconquiaco.

### Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo

Sólo la porción más oriental de esta región penetra por el extremo noroeste de la entidad, donde abarca solamente 278.19 km<sup>2</sup> y comprende parte de los municipios de Huayacocotla y Zacualpan. Es una zona de terrenos accidentados en la que dominan los sistemas de topoforras pequeña sierra compleja y lomerío de colinas redondeadas, constituidos principalmente por rocas basálticas.

### Subprovincia Sierra de Chiconquiaco

La mayor parte de esta subprovincia se encuentra dentro de Veracruz, con una superficie en el estado de 6,699.21 km<sup>2</sup>. Abarca 24 municipios completamente, y parte de otros 30. Su territorio se alterna entre unidades de laderas abruptas y tendidas y presenta, además, desde el sur del cuerpo montañoso hasta el río Jamapa una zona de lomeríos de colinas redondeadas, la mayoría asociados con cañadas y algunos con mesetas. La zona costera presenta variedad de topoforras, en las que se incluyen dos mesetas lávicas y una prominencia de basalto columnar en Quiahuitlán. La disposición de los sistemas de sierras y lomeríos determina un diseño hidrogeográfico de drenaje radial en esta subprovincia.

### Subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac

Es la mayor de las 14 subprovincias del Eje Neovolcánico, y consta de sierras volcánicas y grandes aparatos individuales que alternan con amplias llanuras. En la entidad cubre una superficie de 2,103.52 km<sup>2</sup>, abarcando cinco municipios completos y parte de otros trece.

Esta subprovincia incluye el Cofre de Perote, que es un antiguo y erosionado aparato volcánico de tipo escudo, que alcanza los 4,280 msnm, y la ladera oriental del Pico de Orizaba, que es un gran estrato-volcán de forma cónica, y que con más de 5,600 msnm constituye el punto más elevado de la República. También se localizan en esta zona algunas llanuras, lomeríos y mesetas.

## Provincia Sierra Madre del Sur

Esta región, una de las más complejas y a la vez menos conocidas del país, tiene una litología en la que las rocas intrusivas cristalinas (especialmente los granitos) y las metamórficas cobran mayor importancia que en las del norte. Varios ríos importantes cruzan su territorio, entre los que destaca el Balsas. La porción que abarca el estado de Veracruz corresponde a la subprovincia Sierras Orientales.

### Subprovincia Sierras Orientales

Esta zona montañosa abarca desde la región de Orizaba, Veracruz, hasta Salina Cruz, Oaxaca, y se extiende en el sur entre este puerto y el de Pochutla. La porción norte, conocida como sierra de Zongolica, es menos abrupta que el resto de la subprovincia, en la cual dominan las rocas calcáreas del Cretácico, que le dan afinidad con la Sierra Madre Oriental. En su extremo oriental presenta características cársticas, y afloran en ella esquistos asociados con aluviones antiguos.

Su litología es compleja, con rocas metamórficas, aluviones antiguos, y en la parte sur, rocas ígneas y afloramientos calcáreos. Dentro del Estado de Veracruz abarca una superficie de 3,036.78 km<sup>2</sup>, con 32 municipios completos y parte de otros 11.

## Provincia Llanura Costera del Golfo Sur

Esta provincia, que ocupa casi la mitad del territorio veracruzano, es, a diferencia de la del Golfo Norte, una llanura costera de fuerte aluvionamiento por parte de los ríos, los más caudalosos del país (incluyendo el Papaloapan, el Coatzacoalcos, el Grijalva y el Usumacinta), que la atraviesan para desembocar en el sector sur del Golfo de México. La mayor parte de su superficie, a excepción de la discontinuidad fisiográfica de Los Tuxtlas y algunos lomeríos bajos, está muy próxima al nivel del mar y cubierta de material aluvial.

En terrenos del estado se presentan áreas que forman parte de las subprovincias Llanura Costera Veracruzana y Llanuras y Pantanos Tabasqueños, así como de la discontinuidad fisiográfica de la Sierra de Los Tuxtlas.

### Subprovincia Llanura Costera Veracruzana

Casi toda esta subprovincia se localiza dentro de territorio veracruzano, y es la que ocupa mayor extensión, con 27,001.17 km<sup>2</sup>, que representan el 37.29 por ciento de la superficie total estatal. Comprende 21 municipios completos y parte de otros 26, así como la cuenca baja del Papaloapan y del Coatzacoalcos. De manera general, esta subprovincia se subdivide en tres grandes regiones: los sistemas de lomeríos del oeste, la llanura costera aluvial propiamente y los sistemas de lomeríos del sur y sureste.

### Discontinuidad Fisiográfica Sierrade los Tuxtlas

La sierra volcánica de Los Tuxtlas interrumpe en forma abrupta la continuidad de la Llanura Costera del Golfo Sur. Toda ella, con su extensión de 3,681.79 km<sup>2</sup>, queda dentro del estado, abarcando la totalidad de Catemaco y parte de otros nueve municipios. Es de laderas tendidas en el oeste, escarpadas en el este y asociada siempre con lomeríos.

Esta discontinuidad incluye el estratovolcán San Martín Tuxtla, de 1,650 msnm, el Martín Pajapan, de 1,200 msnm y el Santiago, de 850 msnm, así como otros aparatos volcánicos menores. Sobre la costa y hacia el sur, en la parte central de Los Tuxtlas, se tienen las grandes calderas gemelas de Sontecomapan y Catemaco. La mayor parte del resto de la subprovincia es de lomeríos, de diversos tipos de materiales basálticos, asociados con cañadas.

### Subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños

Esta subprovincia es surcada por los ríos Grijalva y Usumacinta, los más caudalosos del país, así como por el Tonalá, el Chumpán y el Candelaria, al este. Tales ríos en la llanura han sido de cursos inestables, debido a que sus cauces han sufrido cambios abruptos, por lo que los aluviones recientes cubren casi toda la subprovincia.

Las zonas inundables abarcan amplias extensiones del oriente, lugar donde abundan los lagos y pantanos permanentes. Sobre la margen occidental del río Tonalá se localiza la penetración de esta subprovincia en territorio veracru-

zano, del cual comprende una superficie de 373.72 km<sup>2</sup> en dos municipios. En esta porción, los sistemas de topoforras representativos son los denominados llanura costera inundable y valle de laderas tendidas.

## Provincia Cordillera Centroamericana

Inicia en el Istmo de Tehuantepec y se extiende sobre el territorio de Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua. Es un gran batolito ígneo emergido sobre el sitio de subducción de la placa de Cocos. En el estado de Chiapas el cuerpo ígneo intrusivo se encuentra expuesto, a diferencia de su extensión a partir del volcán Tacaná, a partir de donde se mantiene sepultado por los productos del volcanismo reciente. La porción del estado de Veracruz corresponde a la subprovincia Sierras del Sur de Chiapas.

### Subprovincia Sierras del Sur de Chiapas

En ella afloran las rocas graníticas del batolito que integra a las sierras, con orientación NW-SE. Al estado sólo le corresponde el sistema de topoforras sierra de cumbres escarpadas, en el sur de los municipios de Hidalgotitlán y Minatitlán, en una extensión de 305.16 km<sup>2</sup>, y está constituida principalmente por rocas graníticas y algunas areniscas y calizas.

## Provincia Sierras de Chiapas y Guatemala

En nuestro país abarca parte de los estados de Tabasco, Chiapas y Veracruz. Las sierras que las conforman son ple-gadas, constituidas principalmente por rocas sedimentarias marinas del Mesozoico; se encuentran orientadas predominantemente E-W y afectadas por fallamiento en ese mismo sentido. La parte mexicana es una sierra relativamente baja, con cumbres inferiores a los 2,000 msnm. En Veracruz, está representada por las subprovincias Sierras del Norte de Chiapas y Los Altos de Chiapas.

### Subprovincia Sierras del Norte de Chiapas

En Veracruz, la subprovincia ocupa una superficie de 1,556.96 km<sup>2</sup>, que corresponden a la porción sureste del municipio Las Choapas. Los sistemas de topoforras representativos son denominados sierra compleja, lomerío suave y valle abierto.

### Subprovincia Los Altos de Chiapas

Dos de sus rasgos más notables son: las Lagunas de Montebello y el Cañón del Sumidero, por el cual corre el río Grijalva.

Esta subprovincia comprende 3,535.15 km<sup>2</sup> de territorio veracruzano. En el extremo sureste de esta zona se localizan los sistemas de topoformas sierra plegada y sierra baja.

**SUELOS**

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes, de ahí la necesidad de mantener su productividad y, con prácticas agropecuarias adecuadas, promover un equilibrio entre producción de alimentos e incremento del crecimiento demográfico. El suelo es esencial para la vida, como lo es el aire y el agua, y cuando es utilizado de manera prudente puede ser considerado como un recurso renovable. Es un elemento de enlace entre los factores bióticos y abióticos y es parte del hábitat para el desarrollo de las plantas.

En Veracruz las condiciones de temperatura y precipitación han ocasionado un fuerte intemperismo en las rocas sedimentarias, relativamente suaves, y aun en las ígneas, de tal manera que dominan los suelos profundos sobre los limitados por rocas a menos de un metro de profundidad. Por otra parte, el relieve predominantemente llano ha dado lugar a que los procesos de evolución de los suelos sean lentos, por lo que el 70 por ciento de los mismos son jóvenes (en su mayoría arcillosos), pues no han perdido gran cantidad de sus nutrientes naturales. Los suelos jóvenes se distribuyen por todo el estado, en tanto que los maduros, en los cuales la pérdida de elementos esenciales para la nutrición de las plantas ha sido considerable, se concentran en el sureste y representan el 30 por ciento restante.

Entre las características principales de los suelos jóvenes está el de contar con un horizonte A que subyace directamente a la roca, o bien al horizonte B cámbico, que es una capa ya diferenciada del material de origen. Además, en ocasiones tienen un horizonte C o capa mineral que se supone dio origen a los suelos existentes en él.

**Clasificación del suelo**

La Base Referencial del Recurso Suelo (WRB 2006), es la propuesta vigente de clasificación internacional para los suelos y fue elaborada en conjunto por la International Society of Soil Science (ISSS), the International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) y la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). En esta clasificación se presentan 32 grupos de referencia de suelos a nivel

mundial, de los cuales catorce están presentes en el estado de Veracruz, siendo en orden de importancia los siguientes: Vertisoles, Feozems, Leptosoles, Cambisoles, Regosoles, Luvisoles, Acrisoles, Andosoles, Nitosoles, Gleysoles, Planosoles, Solonetz, Solonchaks y Gypsisoles. Asimismo, el INEGI (2001) en su información edafológica menciona para el estado de Veracruz la presencia de otros suelos, entre ellos: Rendzinas, Litosoles y Xerosoles. Es importante aclarar que tanto Rendzinas como Litosoles para la WRB 2006 están incluidos dentro del grupo de los Leptosoles, mientras que los Xerosoles quedan dentro del grupo de los Gypsisoles.

**Horizontes de diagnóstico, propiedades y materiales dentro de la wrb 2006**

Estos horizontes del suelo en la WRB 2006 son una combinación de las características de sus propiedades fisicoquímicas, condiciones específicas de su formación o el material que les dio origen. Estos horizontes son utilizados cuando se requiere describir con mayor detalle las características específicas del suelo en una determinada región, y como complemento al grupo de referencia.

A continuación se describen de manera breve los tipos de suelos presentes en el estado de Veracruz.

**Vertisoles**

Los vertisoles son, por su extensión, los suelos más importantes, ya que representan el 17.07 por ciento de la superficie del estado. El término vertisol deriva del vocablo latino *vertere* que significa “verter” o “revolver”, haciendo alusión al efecto de batido y mezcla provocado por la presencia de arcillas hinchables. Se localizan en diferentes zonas en la entidad, pero en el noreste son más abundantes. Se han formado a través de lutitas, areniscas, calizas, conglomerados, rocas ígneas básicas y aluviones. El horizonte A que presentan es profundo, de textura arcillosa o de migajón arcilloso, que debido a su alto contenido de material fino (arcillas montmorinolíticas) los hace compactos y masivos al estar secos y muy adhesivos y expandibles cuando se humedecen. Estos cambios provocan la formación de grietas en su superficie de por lo menos un centímetro de ancho.

Para el estado de Veracruz dominan los vertisoles pélicos, de color gris oscuro, y en menor proporción, los vertisoles crómicos, de tonos pardos, ambos con un pH que varía de ligeramente ácido a moderadamente alcalino. Su contenido de materia orgánica es medio y la capacidad para absorber

caciones de calcio, magnesio y potasio va de alta a muy alta; encontrándose a disposición de las plantas cantidades altas de los dos primeros elementos, y bajas del último. Los vertisoles situados en las márgenes del río Pánuco contienen sales solubles y sodio que limitan su uso agrícola; otros como los de Villa Tejada y Paso del Macho, son muy poco profundos; sin embargo, de manera global lo que impone mayores restricciones para su manejo es el alto porcentaje de arcilla que los integra, pues deben tener un grado de humedad adecuado, de otra forma si están muy secos o tienen exceso de agua es difícil introducir los implementos de labranza. Actualmente en estos suelos se cultivan pastos, se realizan actividades agrícolas de temporal y de riego, además se desarrollan pastos inducidos, selva mediana subperennifolia y baja caducifolia en estado secundario. Algunas localidades asentadas sobre ellos son Pánuco, El Higo, Tempoal y Tantoyuca.

**Feozems**

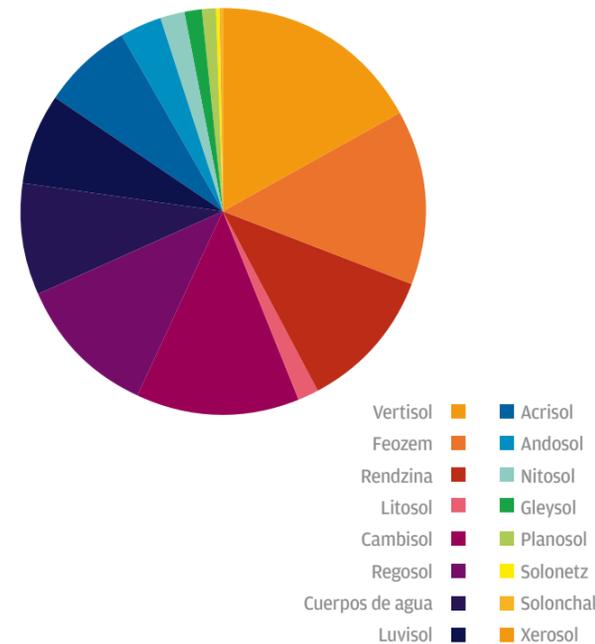
El término Feozem deriva del vocablo griego *phaios*, que significa “oscuro”, y del ruso *zemlja*, que significa “tierra”, haciendo alusión al color oscuro de su horizonte superficial, debido al alto contenido de materia orgánica. Es el segundo tipo de suelo en extensión para el estado de Veracruz, ocupando el 14.04 por ciento de su superficie. Estos suelos son en su mayoría jóvenes, como los háplicos y calcáricos y tienen un horizonte A móllico, un B cámbico y un C subyacente, en menor proporción son maduros. Feozems lúvicos con presencia de un horizonte B argílico se encuentran situados entre los ríos Atoyac y Blanco.

Su capa superficial tiene un espesor de 30 a 35 cm, es de color pardo grisáceo o gris oscuro, con abundante materia orgánica y nutrientes, su pH es de ligeramente alcalino a ligeramente ácido, con textura de migajón arenoso y arcilloso en forma de bloques angulares y subangulares de tamaño variable.

El horizonte subyacente B o C tiene un color pardo pálido amarillento o pardo rojizo, textura franca o de migajón arenoso, pH alcalino en forma ligera y capacidad de intercambio catiónico de media a alta. La saturación de las partículas de suelo con calcio magnesio y potasio es casi total, los dos primeros elementos son abundantes, el tercero se halla en cantidades variables. La denominación de horizonte argílico la obtiene cuando la acumulación de arcilla proveniente de la superficie es considerable.

GRUPOS DE SUELO		% DE SUPERFICIE
WRB 2006	INEGI 2001	ESTATAL
Vertisol	Vertisol	17.07
Phaeozem	Feozem	14.04
Leptosol	Rendzina	11.23
	Litosol	1.74
Cambisol	Cambisol	12.90
Regosol	Regosol	11.62
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	8.82
Luvisol	Luvisol	7.27
Acrisol	Acrisol	7.09
Andosol	Andosol	3.24
Nitosol	Nitosol	2.00
Gleysol	Gleysol	1.45
Planosol	Planosol	1.08
Solonetz	Solonetz	0.26
Solonchak	Solonchak	0.16
Gipsisol	Xerosol	0.03

CUADRO 2. Grupos de Suelo, equivalencias entre WRB 2006 e INEGI 2001 y su porcentaje de la superficie estatal.



GRÁFICA 1. Proporción por grupo de suelo de la superficie estatal.

Por su buena fertilidad, los suelos de este tipo se dedican a cultivos de temporal y riego en los alrededores de Álamo, Tuxpan, Río Blanco, Papantla de Olarte, El Tamarindo, Santiago Tuxtla y otros.

#### Cambisoles

El término Cambisol deriva del vocablo latino *cambiare* que significa “cambiar”, haciendo alusión al principio de diferenciación de horizontes manifestado por cambios en el color, la estructura o el lavado de carbonatos, entre otros. Los Cambisoles ocupan el 12.90 por ciento de la superficie total del estado. Se localizan en lomeríos de pendientes suaves, sierras de laderas tendidas y algunas zonas de llanuras inundables, donde los climas son templados, semicálidos y cálidos, húmedos y subhúmedos, que propician el crecimiento de una variada gama de asociaciones vegetales. Estos suelos se formaron a partir de calizas, conglomerados, rocas ígneas y aluviones. Están constituidos por un horizonte A ócrico de color pardo amarillento, pardo rojizo, o gris oscuro, con textura de arena migajosa a migajón arcilloso, el cual descansa sobre un horizonte B cámbico cuyo color es pardo pálido, pardo rojizo oscuro o gris muy oscuro, en tanto que su textura varía de migajón arenoso a arcillo-arenoso.

Los cambisoles son de tres tipos, éutricos, gléyco y ferrálicos; los éutricos son de ligera a moderadamente ácidos, con capacidad media de intercambio catiónico y contenidos medios de calcio y magnesio y bajos de potasio. Tales características les confieren buena fertilidad. Los gléyco y ferrálicos, en cambio, son ácidos (con pH hasta de 4.0), con baja capacidad de intercambio catiónico y pobres en nutrientes, debido a lo cual sus rendimientos en las actividades agrícolas son poco considerables. Para su uso en dicha actividad es conveniente agregarles cal, con el fin de aumentar el pH, y fertilizantes. Se hallan asociados a Vertisoles y Fluvisoles.

#### Regosoles

El término Regosol deriva del vocablo griego *rhegos* que significa “sábana”, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra. Representan el 11.62 por ciento de la superficie del Estado. Constituyen la etapa inicial de formación de otros suelos, sin embargo, en la fase de desarrollo que muestran tienen características que permiten identificarlos como unidad. Son muy parecidos al material del que se derivan (calizas, lutitas areniscas y depósitos aluviales). El horizonte A que los integra descansa sobre la roca, o bien en una capa mineral u horizonte C que tiene variaciones poco

significativas con respecto al primero, la más notable es la tonalidad clara. Son de color pardo, grisáceo amarillento; de textura arenosa en la costa y arcillosa en los originarios de lutitas y calizas. El pH es ligeramente ácido en los éutricos y moderadamente alcalino en los calcáricos. La capacidad de intercambio catiónico es de baja a media y la saturación de bases es alta, con cantidades de medias a altas de calcio, de bajas a moderadas de magnesio y bajas de potasio. Su fertilidad es media y conforme se intemperizan las partículas de mayor tamaño, quedan a disposición de las plantas diversos minerales. Están limitados por roca, con excepción de los situados cerca de la costa y los profundos de las inmediaciones de Juan Rodríguez Clara. Se encuentran asociados con Rendzinas, Feozems, Vertisoles, Cambisoles y Luvisoles. En estos suelos se desarrollan selvas medianas, altas, o bien se realiza agricultura de temporal y cultivo de pastos, como en Juan Rodríguez Clara e Ixcatepec.

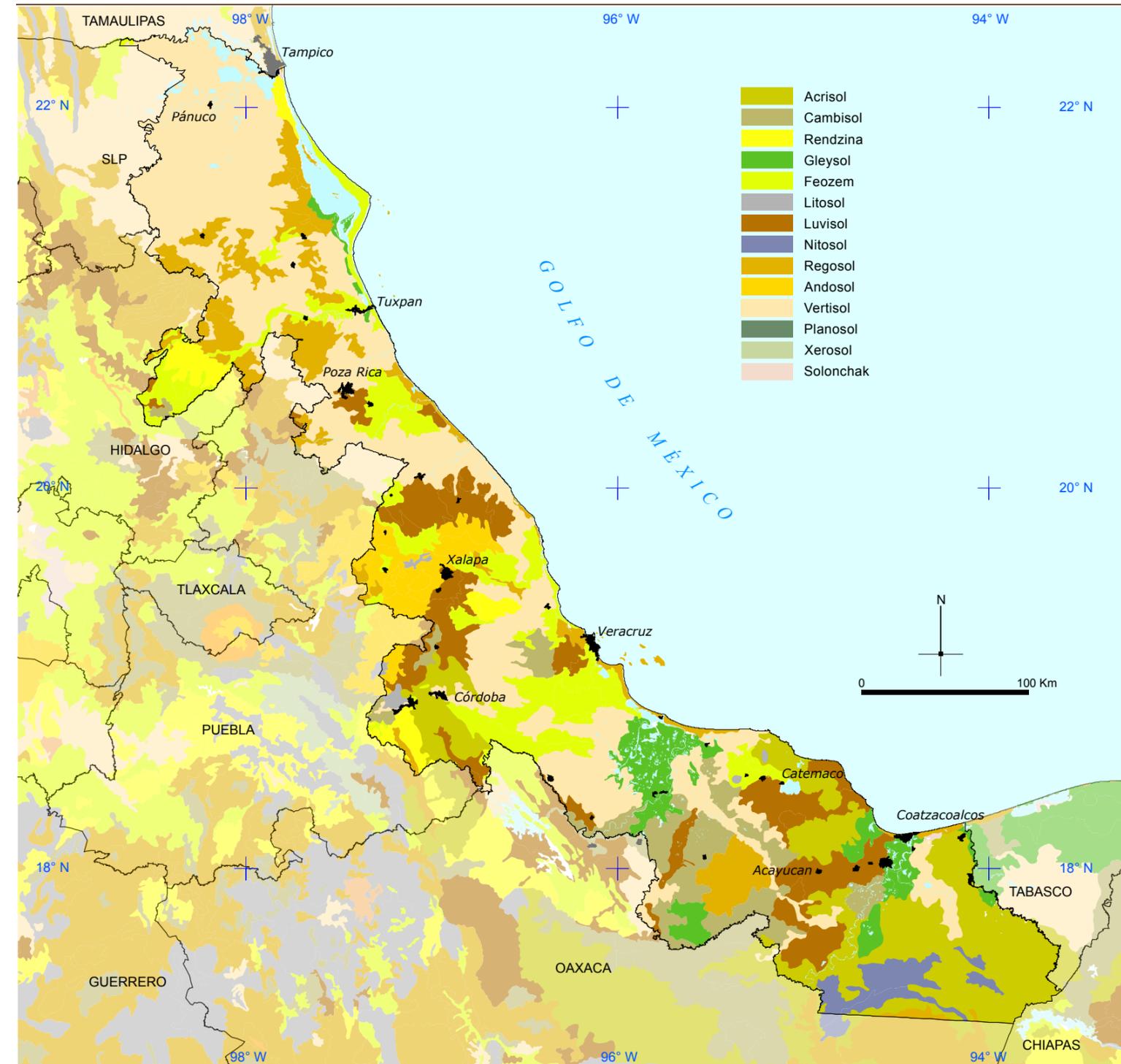
#### Rendzinas

Las Rendzinas representan el 11.23 por ciento de la superficie del estado. Para la WRB 2006, están dentro del grupo de los Leptosoles que son suelos delgados con menos de 50 cm de profundidad. Están constituidos por un horizonte A mólico que descansa sobre la roca, tienen textura de migajón arenoso, migajón arcilloso o de arcilla; estructura granular, migajonosa o en bloques subangulares, de tamaño fino a grueso, que permite una rápida infiltración. Su pH varía entre grados ligeros de acidez y alcalinidad, y la capacidad de absorción de moderada a muy alta, con cationes intercambiables de calcio y magnesio en cantidades altas o bajas de potasio. Su ubicación con respecto al clima es diversa, lo mismo se localiza en áreas templadas que en semicálidas y cálidas; sobre sierras y lomeríos donde crecen bosques de pino-encino, así como en selva baja caducifolia y alta perennifolia, comunidades aportadoras de un gran volumen de materia orgánica que forma con el material parental intemperizado un complejo calcio humus, de color oscuro. No obstante su poco espesor y alta permeabilidad, sobre ellos se realizan, en algunas zonas, actividades agrícolas, como en Ayotuxtla, Tlachichilco y Atlahuilco, pues la fertilidad que tienen es alta.

#### Luvisoles

El término Luvisol deriva del vocablo latino *luere* que significa “lavar”, haciendo alusión al lavado de arcilla de los horizontes superiores para acumularse en una zona más profunda. Los Luvisoles son el 7.27 por ciento de los suelos

MAPA 2. SUELOS DEL ESTADO DE VERACRUZ



del estado y se formaron en sierras, lomeríos y llanuras a partir de lutitas, calizas areniscas y rocas ígneas básicas. En ellos el horizonte A ócrico es de color pardo rojizo o gris oscuro, muy delgado y con alto contenido de materia orgánica, aportada por las selvas mediana y alta. Su textura varía de migajón arenoso a arcillosa y el pH, de moderadamente ácido a ligeramente alcalino. Sus partículas forman una estructura de bloques subangulares de tamaño fino a grueso. El horizonte B argílico tiene textura arcillosa, color pardo rojizo y pH medianamente ácido. Su capacidad para retener nutrientes y cederlos a las plantas es moderada, la saturación con calcio y magnesio que presenta va de media a alta, el potasio se encuentra en cantidades bajas. Están dedicados a la agricultura de temporal en Misantla y Huatusco, y al cultivo de pastos en el área de Acayucan. En general son profundos, pero también susceptibles a la erosión.

#### Acrisoles

El término Acrisol deriva del vocablo latino *acris* que significa “muy ácido”, haciendo alusión a su carácter ácido y su baja saturación en bases, provocada por su fuerte alteración. Los Acrisoles representan el 7.09 por ciento de la superficie del estado, este tipo de suelo son formados a partir de calizas lutitas y areniscas. El horizonte A que presentan tiene un espesor de entre 8 y 12 cm, de color pardo, con textura de migajón arcilloso o de arcilla, y las partículas que los constituyen están estructuradas en forma de bloques angulares y subangulares de tamaño medio a grueso. Es rico en materia orgánica y moderado en su contenido de nutrientes. Subyacente al anterior se encuentra el horizonte B argílico, el cual tiene textura arcillosa, color pardo rojizo o amarillo rojizo, pH fuertemente ácido (de 4.2 a 4.4) y cantidades bajas de calcio, magnesio y potasio.

Las limitantes para la utilización de estos suelos son la fuerte acidez y la pobreza de nutrientes, aspectos susceptibles a corregirse con la aplicación de cal y fertilizantes. En las inmediaciones de Zongolica, Eloxochitlan y Mecayapan hay abundante pedregosidad superficial, y en las sierras limítrofes con Chiapas tienen poca profundidad. Es común hallarlos en áreas que sustentan selvas medianas subperennifolias, bosques mesófilos de montaña y agricultura de temporal.

#### Andosoles

El término andosol deriva de los vocablos japoneses *an* que significa “negro” y *do* que significa “suelo”, haciendo alusión a su carácter de suelos negros de formaciones volcánicas. Los Andosoles ocupan el 3.24 por ciento de la superficie del

estado. Y al igual que las Rendzinas, sus características están determinadas en gran medida por su origen. Son suelos derivados de cenizas volcánicas, en este caso provenientes del Cofre de Perote; en su mayor parte, son sueltos y esponjosos, de textura franca y de arenas migajosas con alto contenido de vidrio volcánico (Andosoles vítricos), someros o profundos y limitados por rocas ígneas extrusivas. La capa superficial de los Andosoles mólicos y húmicos es de color gris oscuro o negro, y en los ócricos de pardo amarillento, tonalidad que adquieren los primeros a medida que aumenta la profundidad. Su capacidad de intercambio catiónico es muy alta en la superficie debido al alto contenido de materia orgánica. Los minerales amorfos, denominados alófanos, les confieren un amplio potencial para retener humedad, a pesar de que su permeabilidad es de media a alta. La saturación de las bases que presentan es muy baja, al igual que las cantidades de calcio magnesio y potasio. Son considerados de baja fertilidad debido a su alto grado de acidez y su bajo contenido de nutrientes. Pueden ser mejorados con cal y fertilizantes, pero su utilización debe hacerse con precaución, ya que son, en gran medida, susceptibles a procesos erosivos. Se localizan en las sierras y lomeríos, sustentan vegetación de bosque de pino, encino y mesófilo de montaña. En Chiconquiaco, Villa Aldama, Altotonga, Acajete, se dedican a la agricultura de temporal y en Ixhuacán de los Reyes, al cultivo de pastos.

#### Nitsoles

El término Nitosol deriva del vocablo latino *nitidus* que significa “brillante”, haciendo alusión al brillo de sus agregados nuciformes y poliédricos, en el horizonte Nítico. Este tipo de suelo representa sólo el 2 por ciento de los suelos del estado de Veracruz y se encuentran entre los ríos Coatzacoalcos y Uxpanapa, en los límites con Oaxaca. El clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano de esta región ha afectado a las limolitas, lutitas, calizas y areniscas de lomeríos y sierras bajas, propiciando la formación de Nitsoles. Estos suelos poseen una capa superficial de 9 a 17 cm de espesor y otra subyacente de más de 160 cm enriquecida con arcilla. La capa superficial (horizonte A ócrico) es de color pardo amarillento con textura de migajón arenoso o de migajón arcilloso, rica en materia orgánica (5 a 8 por ciento); además tiene una alta saturación de bases (hasta 90 por ciento), no obstante su contenido de calcio y potasio es bajo y el de magnesio, medio.

El Horizonte B argílico es arcilloso, de color pardo fuerte o pardo rojizo con saturación de bases decreciente (hasta alcanzar valores próximos al 10 por ciento) conforme aumenta la profundidad y su contenido en calcio, magnesio y potasio es bajo.

La capacidad de intercambio catiónico de estos suelos varía de moderada a baja. Son fuertemente ácidos (con pH hasta de 4.5) e infértiles, sin embargo se puede mejorar su productividad con la aplicación de cal y fertilizantes.

Actualmente algunas áreas con estos suelos se utilizan para la actividad agrícola de temporal, pero en general sustentan selva alta perennifolia.

#### Litsoles

Del griego *litos* que significa “piedra”. Al igual que las Rendzinas, dentro de la WRB 2006 los Litsoles están dentro del grupo de los Leptosoles. Estos suelos son sólo el 1.74 por ciento de la superficie estatal y se distinguen por ser suelos muy delgados y tener una profundidad menor a los 10 cm. Se localizan en las sierras, en laderas, barrancas y malpaís, como en el occidente de Mariano Escobedo y en partes de los volcanes Pico de Orizaba y San Martín Tuxtla. Debido a su poca profundidad y a la topografía donde se encuentran no son recomendables para labores agropecuarias, ya que son muy susceptibles a la erosión.

#### Gleysoles

El término Gleysol deriva del vocablo ruso *gley* que significa “masa fangosa”, haciendo alusión a su exceso de humedad. En los sistemas de topoformas denominados llanuras costeras e inundables, donde se acumula y estanca el agua, se encuentran los Gleysoles; estos suelos representan apenas 1.45 por ciento de la superficie estatal. Poseen la particularidad de presentar hidromorfismo a menos de 50 cm de profundidad (horizonte gléyco), que provoca la reducción de hierro. Son suelos arcillosos, de colores gris o pardo oliva, ricos en materia orgánica y que se agrietan cuando están secos. Su pH aumenta en forma directa con el espesor que alcanzan. Los de la zona que va de la laguna de Tamiahua a la barra de Tuxpan son medianamente alcalinos (7.7-8.0), mientras que los existentes entre Cosamaloapan y Tlacotalpan son fuertemente ácidos (4.7) a neutros (7.0) con presencia de sales solubles y sodio perjudiciales para el desarrollo de las plantas; su capacidad de intercambio catiónico es de media a alta y las partículas que los componen están saturadas con calcio y magnesio.

Para su utilización agrícola se requiere de un apropiado sistema de drenaje, de adiciones de cal para incrementar el pH y de labores que permitan la aireación con el fin de disminuir las condiciones anaerobias prevaletentes, que dan lugar a la formación de etileno, el cual es tóxico para las

plantas. También es necesario agregarles fertilizantes potásicos, fosfatados y nitrogenados. No obstante, sin grandes mejoras es posible cultivar en ellos arroz y caña de azúcar; son tolerantes a la inundación. Generalmente se encuentran asociados con Solonetz, Vertisoles, Fluviosoles y Acrisoles. En estos suelos se practica la agricultura de temporal y se cultivan pastos; también sustentan manglar, tular, popal y selva alta perennifolia.

#### Planosoles

El término Planosol deriva del vocablo latino *planus* que significa “llano”, haciendo alusión a su presencia en zonas llanas, estacionalmente inundadas. Los Planosoles son apenas el 1.08 por ciento de los suelos del estado y se caracterizan por presentar, debajo de la capa superficial, una capa menos delgada de un material claro que es siempre menos arcilloso que las capas ubicadas arriba o abajo de él. Esta capa es infértil y ácida, y a veces impide el paso de las raíces. Debajo de la capa mencionada se presenta un subsuelo muy arcilloso e impermeable, o bien roca o tepetate, también impermeables. Se utiliza para actividades agropecuarias y son muy susceptibles a la erosión, sobre todo en las capas superficiales que descansan sobre la arcilla o tepetate impermeable.

#### Solonetz

El término Solonetz deriva de los vocablos rusos *sol* que significa “sal” y *etz* que es un sufijo indicador del superlativo, haciendo alusión a su carácter salino con alto contenido en sodio, magnesio o ambos, en el complejo de cambio. Representan sólo un 0.26 por ciento de la superficie estatal aunque no como dominantes y siempre secundarios a gleysoles. Se asocian a terrenos llanos de climas con veranos secos y cálidos o a viejos depósitos costeros con elevado contenido en sodio. Las mayores extensiones se encuentran en praderas ubicadas en zonas llanas o suavemente onduladas, sobre sedimentos francos o arcillosos, en climas semiáridos, templados y subtropicales. Se caracterizan por tener un subsuelo arcilloso que presenta terrones duros en forma de columnas; este suelo presenta un alto contenido de álcali. Su utilización agrícola es muy limitada y su mejoramiento difícil y costoso. Cuando presentan pastizales, éstos se utilizan para ganadería. Son poco susceptibles a la erosión.

#### Solonchak

El término solonchak deriva de los vocablos rusos *sol* que significa “sal” y *chak* que significa área “salina”, haciendo

alusión a su carácter salino. Con apenas el 0.16 por ciento de la superficie estatal, se encuentran en regiones áridas o semiáridas, principalmente en zonas permanentemente o estacionalmente inundadas. La vegetación es herbácea con frecuente predominio de plantas halófilas. En áreas costeras pueden aparecer bajo cualquier clima. Su uso agrícola está limitado a cultivos muy resistentes a las sales. El uso pecuario de estos suelos depende de la vegetación que sostienen; sin embargo, los rendimientos son bajos. Algunos de estos suelos se utilizan como salinas. Tienen poca susceptibilidad a la erosión. Se distribuyen en áreas inundables cercanas a la costa, tal es el caso de las situadas al sureste de Coatzacoalcos.

### Xerosoles

Del griego *xeros*, seco. Literalmente suelo seco. Estos suelos se localizan en las zonas áridas y semiáridas del Centro y Norte de México y son muy raros en el estado de Veracruz, donde sólo representan 0.03 por ciento de su territorio. Su vegetación natural es de matorrales y pastizales. Se caracterizan por tener una capa superficial de color claro y muy pobre en humus. Debajo de ella puede haber un subsuelo rico en arcillas, o bien muy semejante a la capa superficial.

Muchas veces presentan a cierta profundidad manchas, polvo o aglomeraciones de cal, y cristales de yeso, o caliche, de mayor o menor dureza. A veces son salinos. Su utilización agrícola está restringida ya que la agricultura de temporal en este tipo de suelos es insegura y de bajos rendimientos.

Los Xerosoles son suelos con baja susceptibilidad a la erosión, salvo cuando están en pendientes y sobre caliche o tepetate, donde sí presentan este problema.

## GLOSARIO

**Arcilla montmorinolítica.** Sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas de tamaño inferior a 4 micras, y compuesto principalmente de silicatos de aluminio hidratados.

**Batolito ígneo.** Masa rocosa profunda de origen ígneo groseramente cristalina que en estado líquido alcanzó las capas más elevadas de la tierra y se solidificó.

**Costa de emersión.** La que se forma en las porciones que sufren movimientos tectónicos positivos.

**Cuerpo ígneo intrusivo.** Rocas de origen magmático bajo el efecto de presiones laterales.

**Dolinas.** Forma negativa de relieve cárstico, en plano de forma circular o elíptica más amplia que profunda, en sección transversal es de forma de embudo, con fondo plano. Sus dimensiones pueden ser muy variadas.

**Esquistos.** Roca metamórfica, de grano fino a mediano, que se caracteriza por la disposición de sus minerales en forma casi paralela, y que tiene la capacidad de romperse en hojas delgadas.

**Estrato plegado.** En geología, masa mineral de espesor aproximadamente uniforme, en otro tiempo horizontal que se arrugó y plegó como consecuencia de presiones laterales u otras causas.

**Factores bióticos.** Aquellos en los cuales interviene directamente cualquier tipo de ser vivo (microorganismos, plantas, animales).

**Factores abióticos.** Factores físico-químicos del ambiente, como temperatura, radiación solar, precipitación pluvial, composición química, entre otros.

**Fallamiento.** Ruptura de una superficie en dos o más bloques, dislocados por movimientos diferenciales de desplazamiento más o menos vertical.

**Intemperismo.** Descomposición superficial de las rocas, desgaste físico y alteración química de las rocas y minerales en o cerca de la superficie de la tierra.

**Intercambio catiónico.** En el suelo, capacidad que tiene de retener y liberar iones positivos. Esto depende de su contenido de arcillas, ya que éstas están cargadas negativamente.

**Horizonte del suelo.** Serie de niveles horizontales del suelo que presentan características físico-químicas diferenciables a simple vista.

**Mesetas lávicas.** Superficie plana en la parte superior de una elevación cuyo origen se debió a un derrame de lava.

**Rocas graníticas del batolito.** Rocas profundas compuestas por cuarzo, feldespato y mica que se caracterizan por la disposición de sus minerales de forma paralela.

**Sierras plegadas.** Cordillera de dimensiones relativamente pequeñas y generalmente de un solo filo o plano cuspidal con las dos vertientes laterales correspondientes.

**Sitio de subducción.** Lugar donde ocurre el movimiento de una placa litosférica oceánica bajo otra continental.

**Topoformas.** Particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial.

# Geología

SERGIO R. RODRÍGUEZ ELIZARRARÁS · WENDY V. MORALES BARRERA



#### **SERGIO R. RODRÍGUEZ ELIZARRARÁS**

Doctor en Ciencias con especialidad en Geología, posgrado en Ciencias de la Tierra en la Universidad Nacional Autónoma de México. Es Investigador Titular en el Departamento de Geología Regional del Instituto de Geología de la UNAM. Colabora actualmente en el Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I con la Línea de investigación: petrogénesis, estratigrafía y geocronología del vulcanismo Cenozoico en México. Tiene numerosas publicaciones en revistas de circulación nacional e internacional.

#### **WENDY V. MORALES BARRERA**

Ingeniera Geóloga egresada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Tiene maestría en Ciencias con especialidad en Geología. Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM. Actualmente es investigadora en el Centro de Ciencias de la Tierra de la UV. Sus líneas de investigación son: peligros y riesgos geológicos; geología aplicada a la ingeniería civil y a problemas ambientales; aplicación y uso de Sistemas de Información Geográfica. Tiene publicaciones en revistas de circulación nacional e internacional.

**EL ESTADO DE VERACRUZ** se ubica a lo largo de la costa del Golfo de México en la región centro-oriental de la República Mexicana. Su territorio abarca un área de 72,420 km<sup>2</sup>, tiene una forma alargada muy irregular cuya longitud máxima es de 745 km. Colinda al norte con el estado de Tamaulipas, al poniente con los estados de San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla, al sur con los estados de Oaxaca, Chiapas y Tabasco y al oriente con el Golfo de México.

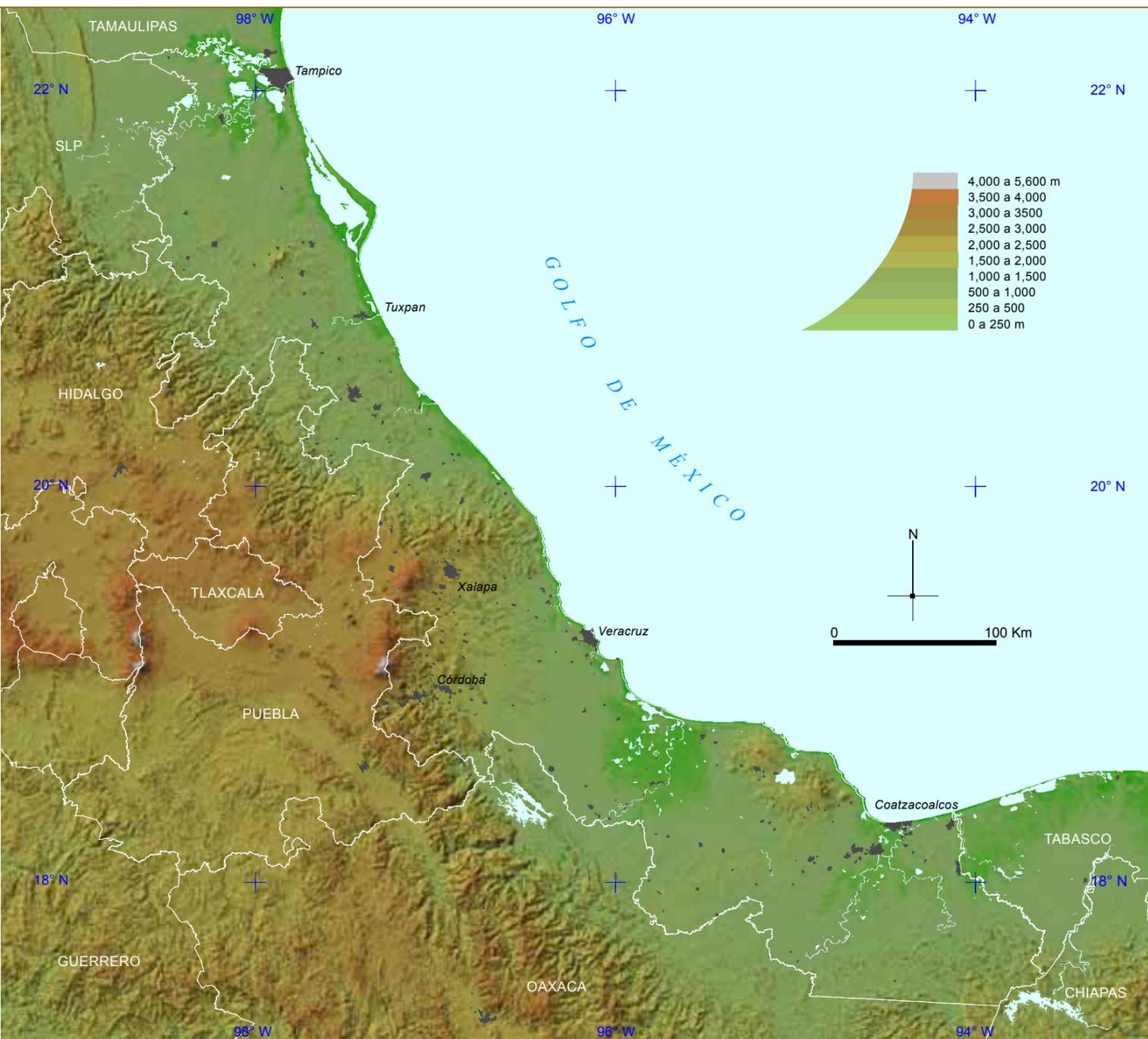
Las diferentes expresiones morfológicas de su territorio son complejas y variadas. Las tierras altas comprenden entre los 5,675 y 3,000 msnm; la primera corresponde al Pico de Orizaba o Citlaltépetl, máxima altura del país y el volcán más alto de Norteamérica. En este rango de elevaciones las pendientes suelen ser muy pronunciadas y los terrenos están cortados por valles en forma de V. Las zonas intermedias se encuentran entre los 3,000 y 500 msnm; están conformadas por mesetas, lomas redondeadas y algunas elevaciones aisladas. Aquí los ríos han formado profundas barrancas que cortan gruesas secuencias de sedimentos y depósitos volcánicos. Las tierras bajas se encuentran por debajo de los 500 msnm; se distinguen por tener lomeríos suaves, extensas planicies y ríos caudalosos que presentan patrones meándricos antes de su desembocadura al océano (**MAPA 1**).

Veracruz es un estado rico en manifestaciones y recursos naturales, se calcula que una tercera parte del agua del país escurre por sus cuencas; además, posee importantes yacimientos de petróleo y minerales no metálicos; entre estos últimos destacan los de caolín en la zona norte, los de azufre y arena sílica en el sur y los pétreos en la región central (Coremi, 1994).

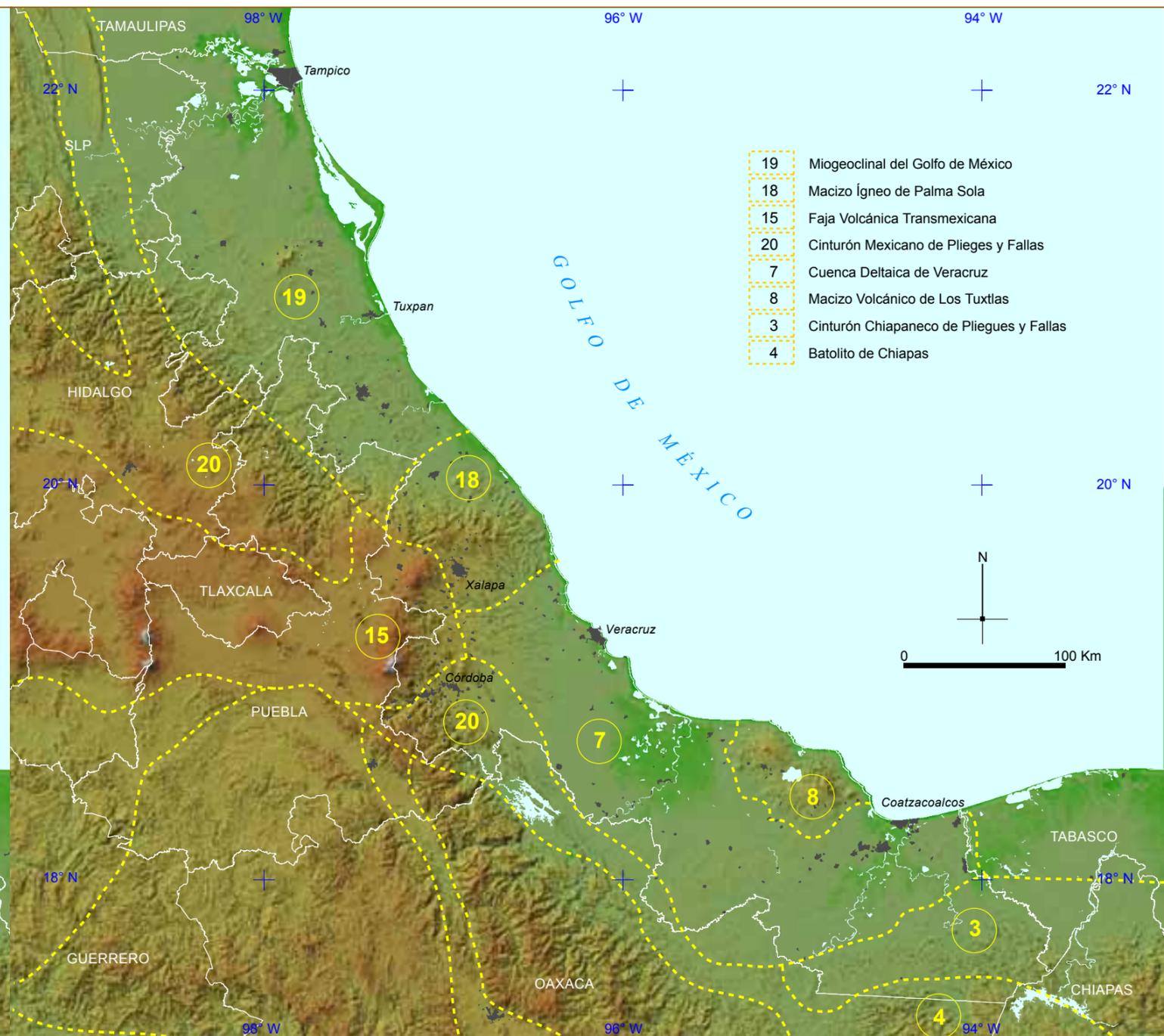
Por lo que respecta al clima, un porcentaje considerable del territorio está expuesto a precipitaciones pluviales muy intensas, generalmente asociadas con tormentas tropicales y huracanes. Ello aunado a su accidentada morfología y a los factores de origen antrópico –tales como deforestación, cortes en taludes inestables o asentamientos de poblaciones en sitios no aptos para este fin– hacen que una buena parte del estado presente una gran vulnerabilidad ante ciertos fenómenos de origen natural, como por ejemplo los deslizamientos de tierra, en toda su gama de manifestaciones. Además, dentro del territorio veracruzano existen dos volcanes activos, el Pico de Orizaba y el San Martín Tuxtla; adicionalmente, las regiones centro y sur presentan una actividad sísmica importante. En este sentido, y por lo anteriormente expuesto, el conocimiento geológico del estado resulta de trascendental importancia, ya sea para el aprovechamiento y cuidado de sus recursos, como para la prevención y mitigación de los peligros naturales.

Son varios los autores que con anterioridad han descrito, desde diferentes puntos de vista, los aspectos de la geología del estado, en particular, y de la región oriental de México, en general. En este trabajo se realizó una recopilación de los estudios más importantes, cuyos aportes han contribuido de manera significativa al entendimiento de la historia geológica de Veracruz. El objetivo es describir, siguiendo una secuencia cronológica de lo más antiguo a lo más reciente, los principales eventos geológicos que dieron origen a lo que actualmente es el estado de Veracruz, sus principales formaciones litológicas, sus estructuras y las provincias geológicas que lo conforman (**MAPA 2**). Para facilitar esta visión de conjunto, se incluye un mapa geológico regional (**MAPA 3**), el cual se elaboró a partir de datos obtenidos en campo por los autores,

MAPA 1. MAPA ALTIMÉTRICO

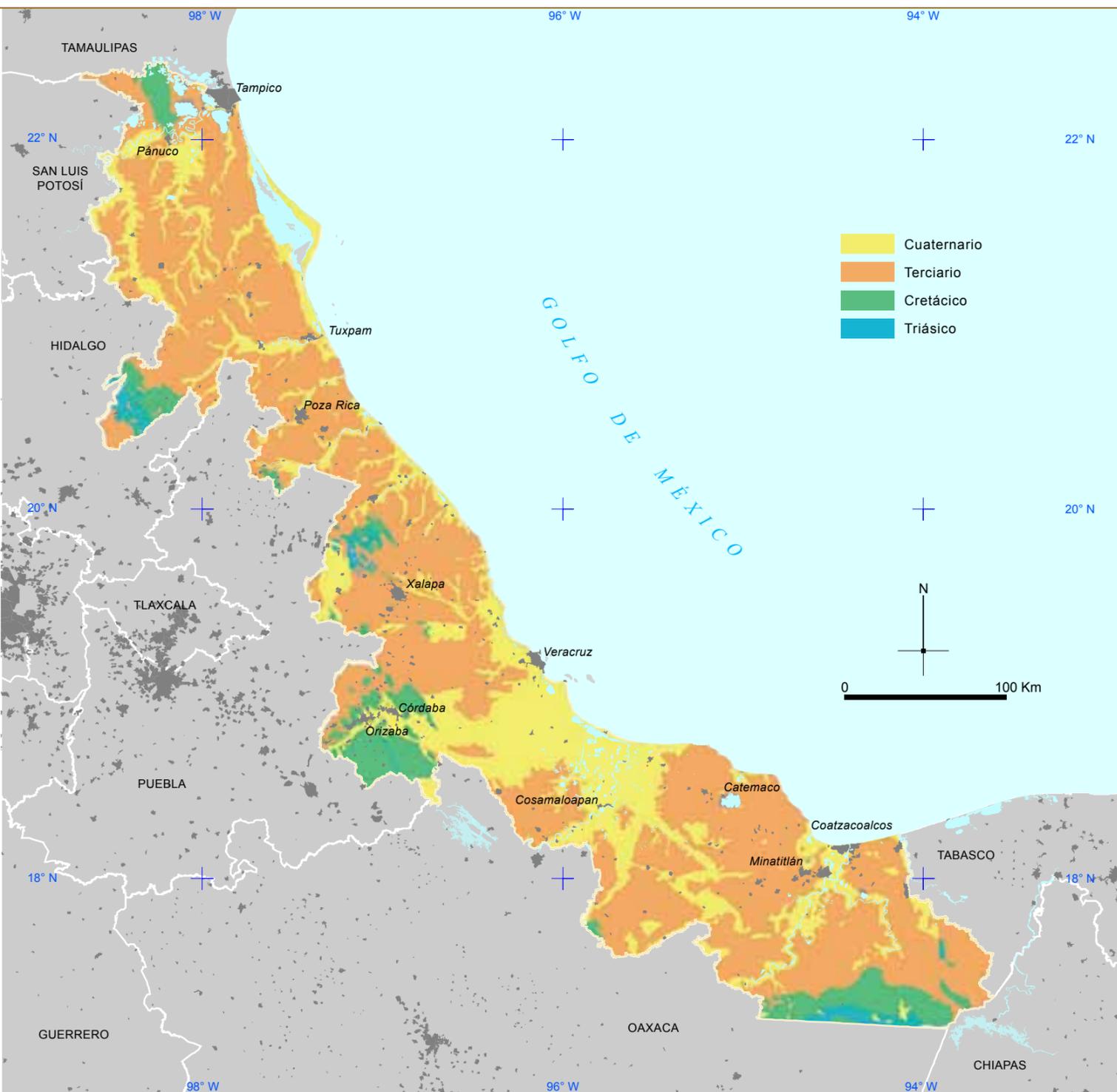


MAPA 2. PROVINCIAS GEOLÓGICAS



Fuente: Modificado de Ortega-Gutiérrez et al., 1992

MAPA 3. MAPA GEOLÓGICO



además de información bibliográfica tomada de López Ramos (1989), Coremi (1994), así como de la serie de cartas geológicas escala 1:250,000 publicadas por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2002).

Los mapas utilizados en este trabajo se realizaron a partir del procesamiento de las bases topográficas editadas por el INEGI en formato vectorial escala 1:50,000. Para lo cual se utilizaron los programas Ilwis versión 3.0 y Arc Map 9.2 con los que se generó el modelo de relieve sombreado y los mapas altimétrico y geológico, los cuales están integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Finalmente, se tratan los aspectos que tienen que ver con la geología económica del estado. Aquí se incluyen los principales recursos minerales y los usos a los que se destinan. También se enlistan algunos de los peligros geológicos más recurrentes, ya que son fenómenos naturales que inciden de manera negativa en la economía, al generar pérdida de vidas humanas y afectaciones a la infraestructura.

### ESTUDIOS PREVIOS

Debido a su importancia económica, especialmente la relacionada con su riqueza petrolera, la región oriental de México, dentro de la cual se ubica el estado de Veracruz, ha sido objeto de una gran cantidad de estudios geológicos.

Uno de los estudiosos de la geología de México a finales del siglo XIX y principios del XX fue Ezequiel Ordóñez, a él se le atribuye el descubrimiento de los primeros yacimientos de petróleo dentro del estado de Veracruz (Ordóñez, 1907, 1914). Fueron varios los pozos localizados bajo su asesoría, dentro de los cuales destaca el mundialmente conocido Pozo número 4 de Cerro Azul, perforado en el año de 1916 y cuya producción se estimó en 260,000 barriles diarios. El auge de esta industria y el posterior surgimiento de Petróleos Mexicanos (Pemex) derivaron en un incremento considerable de los estudios geológicos en territorio veracruzano, de los cuales la gran mayoría son informes técnicos internos de esta empresa. Sin embargo, varios fueron publicados bajo la autoría de eminentes geólogos petroleros, como Imlay *et al.* (1948), Viniestra-Osorio (1950, 1965), Carrillo Bravo (1965, 1971), entre otros. Algunos estudios más recientes son los realizados por González-García y Holguín-Quiñones (1991), Eguiluz de Antuñano *et al.* (2000) y Ferket *et al.* (2003).

También se han realizado estudios geológicos enfocados a otros aspectos de la geología veracruzana, como es el caso de la actividad volcánica, la cual forma parte primordial de su historia. En este campo, entre los autores más importantes se encuentran los trabajos realizados por Thorpe (1977), Pichler y Weyl (1976), Robin y Tournon (1978), Cantagrel y Robin (1979), Robin y Cantagrel (1982), Ferriz y Mahood (1984), Negendank *et al.* (1985), López-Infanzón (1991), Nelson y González-Caver (1992), Carrasco-Núñez y Ban (1994), Carrasco-Núñez (2000), Hubbard (2001), Ferrari *et al.* (2005), González-Mercado (2005), Morales-Barrera (2009), Rodríguez *et al.* (en prensa), entre muchos otros.

### CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL TIEMPO GEOLÓGICO

A lo largo de la historia de la humanidad, uno de los motores del desarrollo científico ha sido sin duda el tratar de entender y explicar los fenómenos naturales, y sobre todo, ubicarlos en una escala de tiempo. Varios fueron los pensadores y filósofos que divulgaron sus versiones sobre la edad de la Tierra, la formación de las montañas o el origen de las rocas. Sin embargo, hasta antes del siglo XVIII, todas ellas estuvieron basadas en el concepto de la creación desde un punto de vista religioso.

La geología, como ciencia, se origina a partir de los conceptos del naturalista escocés James Hutton, quien en 1788 postuló su famoso principio del “uniformismo”, el cual establece simplemente que las leyes físicas, químicas y biológicas que actúan hoy, lo han hecho también en el pasado (Tarbuck y Lutgens, 2000).

Durante el siglo XIX se empezó a elaborar una escala de tiempo geológico basada en un ordenamiento secuencial de los eventos sin conocer su antigüedad en años (edad relativa), lo cual fue desarrollado aplicando el principio de la superposición, que establece que en una secuencia normal de rocas sedimentarias o coladas de lava, las capas superiores son más jóvenes que las inferiores. El surgimiento y consolidación de la paleontología, o sea el estudio de las manifestaciones de vida en el pasado geológico, fue también fundamental para establecer una cronología de los sucesos geológicos. Posteriormente, con el descubrimiento de la radiactividad a finales del siglo XIX y el perfeccionamiento de los métodos radiactivos de fechamiento, fue posible asignar edades absolutas a las rocas y por consiguiente a los fenómenos que las originaron.

La escala del tiempo geológico subdivide a los 4,600 millones de años (Ma) en los que se ha estimado la edad de la Tierra en unidades diferentes, y proporciona una estructura temporal significativa que registra los principales acontecimientos geológicos. Las unidades más grandes se denominan eras, las cuales, de la más antigua a la más reciente se conocen como Precámbrico (4600-570 Ma), Paleozoico (570-245 Ma), Meso-

zoico (245-66 Ma) y Cenozoico (66 Ma-presente). Las eras están subdivididas en períodos, que abarcan tiempos más cortos y finalmente las épocas, las cuales son las unidades de tiempo más pequeñas en la escala. El CUADRO 1 muestra una escala de tiempo geológico con algunos de los acontecimientos más relevantes que contribuyeron a la conformación de lo que ahora es el estado de Veracruz.

Edad (Ma)	Era	Período	Época	
0.01-0	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Erupción del Volcancillo
0.01-1.8			Pleistoceno	Formación de los estratovolcanes Cofre de Perote y Pico de Orizaba
5.3-1.8		Neógeno	Piloceno	Inicio del vulcanismo de la Faja Volcánica Transmexicana
23.8-5.3			Mioceno	
33.7-23.8		Paleógeno	Oligoceno	Formación de la provincia ignimbrítica de la Sierra Madre Occidental
54.8-33.7			Eoceno	Formación de la planicie costera del Golfo
65-54.8			Paleoceno	Orogenia Laramide. Formación de la Sierra Madre Oriental
144-65		Mesozoico	Cretácico	
206-144			Jurásico	Formación de las plataformas marinas de Córdoba, Tampico-Misantla y San Luis Valles
246-206			Triásico	Transgresiones marinas, formación de depósitos evaporíticos (yesos)
290-248	Paleozoico	Pérmico	Inicio de la separación de Pangea y apertura del Golfo de México	
354-290		Carbonífero	Orogenia Marathon-Wachita	
		Mississípico	Formación de Pangea	
		Pensilvánico		
443-417		Silúrico		
490-443		Ordovícico		
540-490		Cámbrico		
2500-540	Proterozoico			
4600-2500	Arqueozoico			

**CUADRO 1.** Tiempo geológico con algunos de los eventos más relevantes a escala global que influyeron en lo que actualmente es el territorio mexicano y en particular el estado de Veracruz.



### GEOLOGÍA HISTÓRICA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE VERACRUZ

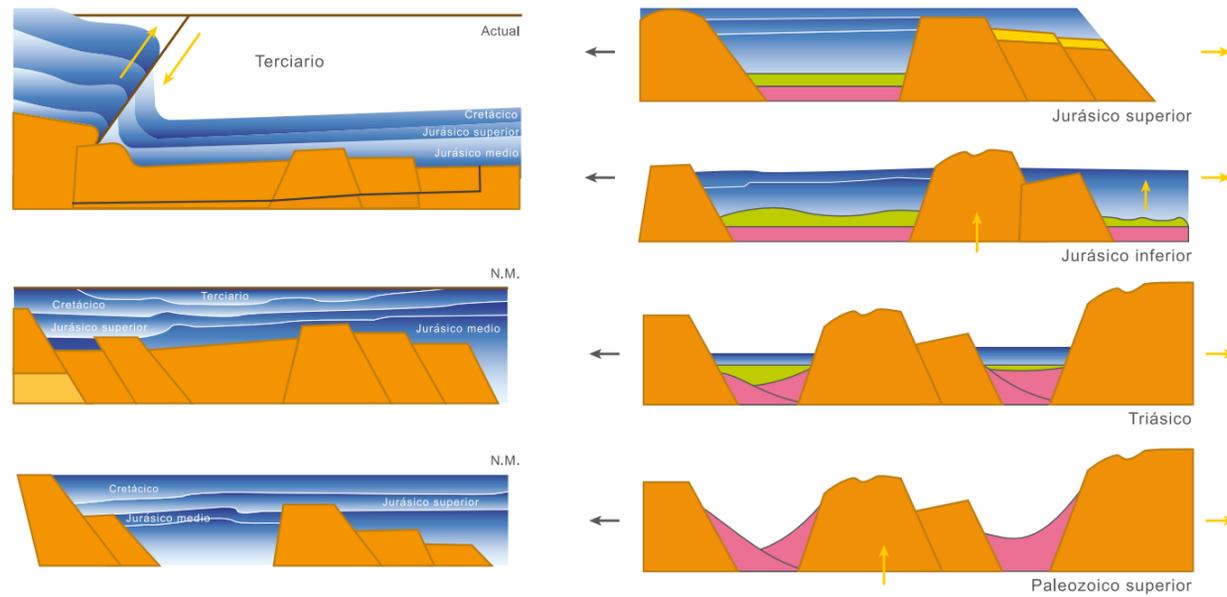
A lo largo del tiempo geológico se dan procesos que ocurren lentamente, tales como levantamientos del terreno –por ejemplo, formación de montañas–, erosión, formación de cuencas con su respectiva acumulación de sedimentos, fallas geológicas y glaciaciones, y otros que ocurren de manera rápida, tales como deslizamientos de tierra, inundaciones, terremotos o erupciones volcánicas. Muchos de estos fenómenos están relacionados con una dinámica global y otros con eventos locales, y en su conjunto han contribuido para conformar la geología y morfología de lo que actualmente es el estado de Veracruz.

La historia geológica de las rocas más antiguas que afloran en el estado comenzó desde la era Paleozoica y ellas son producto de un acontecimiento de dimensiones globales, resultante del choque de las masas continentales que posteriormente formarían el supercontinente llamado *Pangea*. Esta colisión provocó la construcción de la cordillera *Marathon-Ouachita* en el límite de los períodos Pérmico-Triásico, la cual se extiende a lo largo de la región oriental de los Estados Unidos hasta el Norte de México (Handschy *et al.*, 1987).

Durante el Triásico comienza a imperar un ambiente de distensión provocado por la apertura del Golfo de México, como consecuencia del inicio de la separación de *Pangea* (Sedlock, *et al.*, 1993). Esta etapa inicia con la formación de un *rift* continental en la parte sur de la placa norteamericana, que culminó con la separación de las placas africana y sudamericana, dando lugar al nacimiento del océano Atlántico.

En México, esta ruptura continental provocó desplazamientos que desarrollaron una morfología de fosas y pilares. En un principio, los bajos topográficos (fosas) fueron rellenados por depósitos continentales formados por abanicos aluviales y depósitos de pie de monte.

Durante el Jurásico medio comenzó una transgresión proveniente del este, del llamado mar de *Tethys*. Las depresiones que se formaron durante la apertura del Golfo de México permitieron esta incursión marina con el sucesivo depósito de potentes secuencias evaporíticas en los bordes. Mientras que los altos topográficos (pilares) fueron las fuentes de aporte de material sedimentario. Para este momento, el



**FIGURA 1.** Modelo esquemático de la evolución tectónica del oriente de México a través del tiempo geológico, desde el Paleozoico hasta el Terciario.

ambiente continental que prevaleció de otras épocas comenzaba a ser un ambiente marino.

A medida que avanzó la transgresión, las aguas oceánicas inundaron las islas remanentes, conformando zonas de profundidades someras, lo cual facilitó el desarrollo de plataformas marinas que en la actualidad constituyen grandes volúmenes de rocas almacenadoras de hidrocarburos. En términos geológicos, estas estructuras se conocen como las plataformas de Tuxpan, Córdoba, Tampico-Misantla y San Luis-Valles (Ortuño-Arzate *et al.*, 2003; Carrillo-Bravo, 1971). En la medida en que el nivel del mar ascendía, las aguas someras se volvían más profundas. Este avance paulatino culminó en el Cretácico Superior, cuando todos los altos topográficos quedaron totalmente sumergidos. La **FIGURA 1** muestra una secuencia de los eventos ocurridos desde el Paleozoico hasta el Terciario.

En el límite de los periodos Cretácico Superior y Terciario, el choque entre las placas de Farallón y de Norteamérica originó la Orogenia Laramide. Como consecuencia de esto, en la parte occidental del país se emplazó un arco volcánico que formó las grandes provincias ignimbríticas de la Sierra Madre Occidental. Mientras que en la porción oriental del territorio, los efectos de dicha orogenia deformaron los sedi-

mentos marinos y provocaron su levantamiento, formando así lo que actualmente es la Sierra Madre Oriental, la cual constituye un cinturón plegado y fallado con orientación noroeste-sureste. Este evento tuvo como consecuencia el cambio de ambiente marino a continental.

En el Paleoceno, la región continental estuvo sometida a esfuerzos corticales y a una intensa erosión de la Sierra Madre Oriental, los sedimentos originados se distribuyeron en forma de abanicos submarinos que rellenaron las cuencas terciarias, formando así la planicie costera del Golfo de México, la cual fue cubierta por la última transgresión marina. Durante el Mioceno Medio aparecen los primeros signos del vulcanismo originado por la subducción de la placa del Pacífico por debajo de la placa Norteamericana, lo cual dio origen a la formación de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Esta provincia geológica atraviesa al país en su parte central con una orientación este-oeste (Demant y Robin, 1975). En el sector oriental de la FVTM, este vulcanismo quedó de manifiesto con la construcción de la Sierra de Chiconquiaco, Palma Sola, los estratovolcanes Pico de Orizaba, Cofre de Perote, Las Cumbres y La Gloria, así como los campos monogenéticos de los Tuxtlas y Xalapa y las calderas de los Humeros y Chiconquiaco. El **MAPA 4** muestra el marco tectónico actual de la República Mexicana con los principales centros eruptivos.

**MAPA 4. MAPA TECTÓNICO DE LA REPÚBLICA MEXICANA**



Por último, la cordillera formada por los grandes estratovolcanes Cofre de Perote-Pico de Orizaba, aporta una gran cantidad de sedimentos volcánoclasticos, los cuales se encauzan a lo largo de los ríos que desembocan en el Golfo.

## GEOLOGÍA

### Paleozoico

Las rocas más antiguas que se encuentran en el estado de Veracruz afloran en la región de Huayacocotla, al noroeste del estado. Allí es posible observar una secuencia de lutitas de color negro, en alternancia con capas de areniscas de grano medio y grueso a conglomerático, cementada por sílice y carbonato que contiene fusulínidos y fragmentos de

crinoides. Dicha secuencia fue definida con el nombre de Formación Guacamaya por Carrillo Bravo (1965).

Otros afloramientos de rocas del Paleozoico Superior se encuentran en los alrededores de Altotonga, en la región central, los cuales consisten de una secuencia de filitas y esquistos de biotita. Al sur del estado, en los límites con Oaxaca y Chiapas, afloran rocas intrusivas de composición granítica que pertenecen al Complejo Batolítico de Chiapas, a las cuales se les ha asignado una edad paleozoica correspondiente al Pérmico Tardío (Coremi, 1994).

Las rocas paleozoicas constituyen el basamento de la potente secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas que se formaron durante el Mesozoico y Cenozoico.

## Mesozoico

Las rocas del Mesozoico se encuentran regularmente distribuidas a lo largo y ancho del estado de Veracruz y sobreyacen discordantemente a las rocas del Paleozoico. Las más antiguas pertenecen al Triásico y están representadas por una secuencia de origen continental formada por areniscas, limolitas, conglomerados cuarcíticos de color gris, lutitas y lodolitas de colores rojo y café, conocida como los lechos rojos de la Formación Huizachal (Imlay *et al.*, 1948). La erosión en estas rocas sedimentarias ha producido una morfología de montañas escarpadas cortadas por barrancas profundas.

Durante el inicio del Jurásico ocurrió un avance de las aguas marinas que dio lugar a la sedimentación de una secuencia arcillo-arenosa conocida como Formación Huayacocotla (Carrillo-Bravo, 1965), la cual está constituida por una alternancia de lutitas negras y limolitas con intercalaciones de arenisca y conglomerado. Esta secuencia contiene abundantes fósiles de plantas y carbón hacia la cima, y en la parte media presencia de amonitas. Durante el Jurásico Medio se depositaron capas gruesas y bancos de arenisca con alto contenido de cuarzo de color gris claro, bancos gruesos de conglomerados con fragmentos de rocas ígneas cementados en una matriz areno-arcillosa. Carrillo-Bravo (1965) definió formalmente estos depósitos siliciclásticos como Formación Cahuassas. En el Jurásico Superior, las formaciones Tamán y Pimienta (Heim, 1926) representan el evento transgresivo de este período. La primera está constituida por calizas negras microcristalinas que alternan con capas de lutita gris. La segunda por calizas micríticas arcillosas de colores negro y blanco con presencia de lentes de pedernal negro y capas delgadas de bentonita (Cantú Chapa, 1984).

Tanto las rocas del Triásico como las del Jurásico, afloran en las regiones de Huayacocotla, Tlapacoyan, Altotonga y Misantla, en una estructura geológica de dimensiones regionales conocida como Anticlinorio de Huayacocotla (Carrillo Bravo, 1965; López Ramos, 1989). Mientras que al sur del estado, en los límites con Oaxaca, el Jurásico Superior está representado por la Formación Todos Santos, constituida por una secuencia de sedimentos terrígenos de conglomerado, arenisca y limolita de color rojo.

La secuencia de rocas mesozoicas continúa durante el Cretácico Inferior. Este período está caracterizado por calizas masivas de color claro con microfósiles y nódulos de pedernal.

Las principales formaciones que agrupan a esta secuencia calcárea son la Tamaulipas Superior e Inferior y la Chinameca. El Cretácico Medio queda representado por las formaciones El Abra (Kellum, 1930), Orizaba (Böse, 1899) Cuesta del Cura y Capolucan (Mena, 1962). Estas unidades litoestratigráficas constan de estratos de calizas de color blanco a gris claro, de ambientes de plataforma y arrecifal. Las primeras consisten de lodos calcáreos en estratos de 20 cm a 1 m de espesor, las segundas están formadas por corales, rudistas, gasterópodos y esponjas en estratos con espesores de 2 a 4 m. El Cretácico Superior incluye las formaciones Méndez, San Felipe, Agua Nueva, Maltrata y Guzmantla. La composición litológica de estas unidades es de calizas arcillosas color gris claro, con intercalaciones de lutitas y capas de bentonita de color verde, así como de calizas arrecifales en las que destaca la presencia de corales, algas y agrupamientos lenticulares de rudistas. Las rocas del Cretácico cubren extensas áreas en las regiones de Córdoba, Orizaba y Zongolica, mientras que al norte y sur del estado sus afloramientos son pequeños. Asimismo en los alrededores de Xalapa se observan algunas sierras conformadas por estas rocas (Chavarrillo, Jalcomulco y Jilotepec).

Ortega Gutiérrez *et al.* (1992) define como provincia geológica del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas a las rocas del Mesozoico que conforman la Sierra Madre Oriental (MAPA 2).

## Cenozoico

Durante el Terciario se depositaron sedimentos derivados de la erosión de las rocas carbonatadas del Mesozoico. Estos sedimentos fueron depositados en las llamadas cuencas terciarias de Veracruz, donde se acumularon espesores de más de 3,000 m de sedimentos terrígenos, con un predominio de areniscas de grano fino a medio con intercalaciones de lutitas, cuerpos aislados de conglomerados y estratos carbonatados.

Las principales unidades litoestratigráficas que comprenden este período son las formaciones Velasco, Chicontepec, Guayabal, Tantoyuca, Horcones, Chapopote, La Laja, Depósito, Encanto, Concepción y Paraje Solo. Los sedimentos terrígenos de estas unidades cubren una franja de norte a sur y forman lo que actualmente se conoce como la Planicie Costera del Golfo, la cual tiene una expresión morfológica de lomeríos suaves y amplias llanuras, sobre las cuales escurren los grandes ríos que desembocan al Golfo de México. Ortega-Gutiérrez *et al.*



**Foro 1.** Estructura en forma de conducto volcánico que forma parte del macizo de Palma Sola.

(1992) agruparon a estas formaciones en la provincia geológica de la Cuenca Deltáica de Veracruz (MAPA 2).

Las primeras manifestaciones de la actividad magmática y volcánica dentro de lo que ahora es el estado de Veracruz se registraron durante el Terciario Superior. Al norte, en la región de Cerro Azul, se observan cuerpos aislados de intrusivos de gabro y monzonita en forma de troncos y chimeneas volcánicas, los cuales cortan a las secuencias de lutitas y areniscas del Terciario Medio e Inferior. Las rocas extrusivas son basaltos de composición alcalina, las cuales se observan al NW de Cerro Azul, en donde su expresión morfológica más evidente es la sierra de Tantima. Al poniente de Poza Rica conforman importantes derrames de lava que cubren discor-

dantemente a los depósitos sedimentarios del Terciario Inferior. Estudios realizados por Ferrari *et al.* (2005) reportan edades que fluctúan entre los 9 y 6.6 Ma para la sierra de Tantima-Cerro Azul, y de 1.3 a 1.6 Ma para la zona de Poza Rica. Con anterioridad, Cantagrel y Robin (1979) habían determinado un rango de edades entre 5 y 2 Ma para estas rocas.

En la región comprendida entre Chiconquiaco, Juchique, Alto Lucero y Palma Sola, las rocas ígneas y volcánicas están constituidas por intrusivos y derrames de lava cuyas edades, de acuerdo con López-Infanzón (1991) y Ferrari *et al.* (2005), varían entre 2 y 14 Ma. En su conjunto, estas rocas conforman dos rasgos fisiográficos conocidos como la sierra de Chiconquiaco y el macizo volcánico de Palma Sola (FOTO 1). En este



Foto 2. Vista del volcán San Martín.

R. Colorado Salazar

último destacan dos conos de escoria de edad Cuaternaria muy bien preservados conocidos como Los Atlixcos, ubicados al NW de la población de Palma Sola. Los derrames de lava de composición basáltica llegan a la costa y su presencia es una clara muestra de la actividad volcánica reciente en esta zona. Otra de las regiones volcánicas costeras es la conocida como Campo Volcánico de Los Tuxtlas (CVLT), ubicada al sur del estado en los alrededores de la ciudad de Catemaco. De acuerdo con Nelson y González-Caver (1992), la actividad volcánica en el CVLT comenzó hace aproximadamente 7 Ma y ha continuado hasta tiempo reciente a través del volcán San Martín Tuxtla (FOTO 2), con las erupciones históricas ocurridas en los años de 1664 y 1793.

El CVLT está constituido por una cantidad estimada entre 200 y 300 conos de escoria, los cuales han producido lavas y productos piroclásticos de composición fundamentalmente basáltica. En la porción sur del CVLT se encuentran otros edifi-

cios volcánicos más antiguos, como los volcanes San Martín Pajapan, Santa Marta y Yohualtjapan, los cuales en su conjunto forman la llamada sierra de Santa Marta. La mayoría de los conos de escoria y estratovolcanes que conforman el CVLT se encuentran alineados en dirección NW-SE.

Además de la región de Los Tuxtlas, la actividad volcánica más reciente dentro del estado de Veracruz se concentra principalmente en la región central, entre las ciudades de Xalapa y Orizaba. Este vulcanismo está relacionado con la formación de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), que es una provincia geológica (Ortega *et al.*, 1992) formada por aparatos volcánicos mayores, como calderas y estratovolcanes, así como una gran cantidad de conos de escoria. La FVTM atraviesa al país de oeste a este por su parte central y es la expresión continental resultante de la subducción de las placas oceánicas de Cocos y Rivera bajo la placa continental de Norte América (MAPA 4).

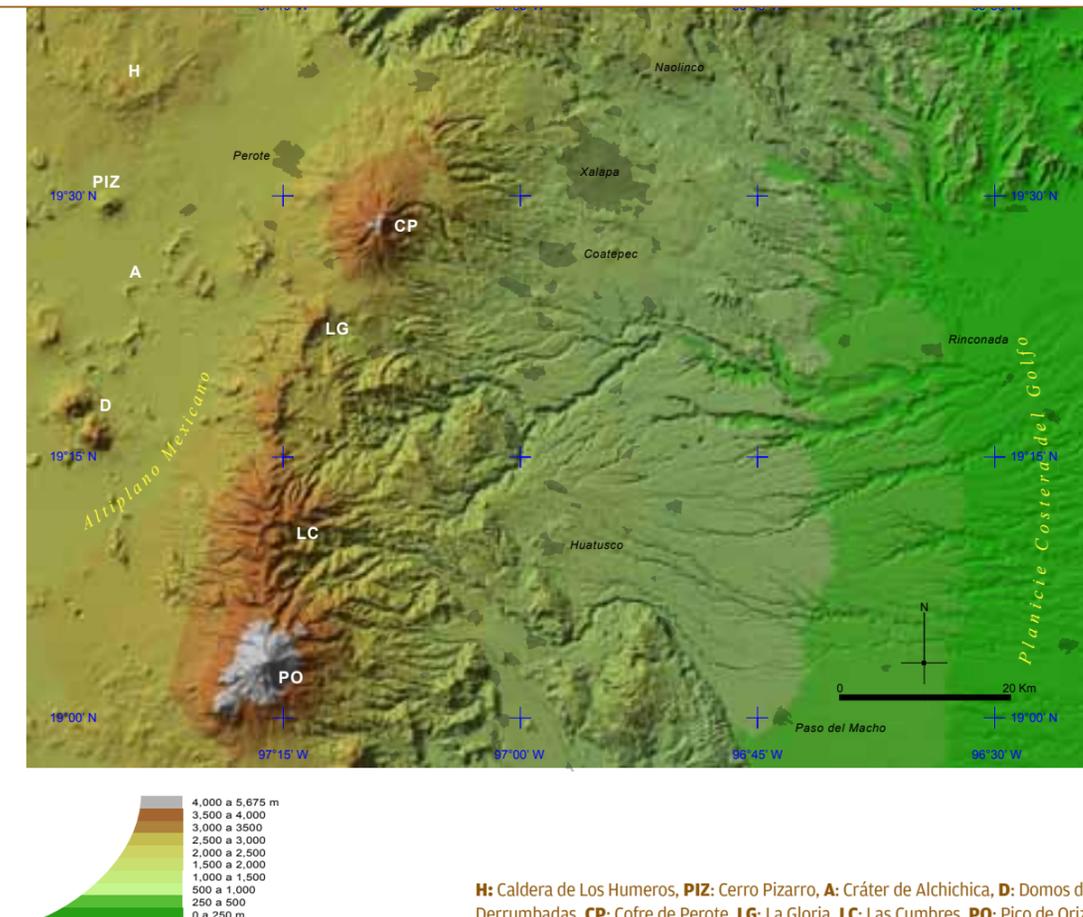
Para su estudio, la FVTM ha sido dividida en tres sectores: occidental, central y oriental, los cuales presentan características particulares que los distinguen entre sí (Ferrari, 2000). El sector oriental de la FVTM abarca una porción considerable de la región central de los estados de Puebla y Veracruz, entre las ciudades de Perote, Xalapa y Coscomatepec. Uno de sus rasgos más distintivos es la cordillera formada por los volcanes Cofre de Perote-La Gloria-Las Cumbres-Pico de Orizaba, la cual tiene una orientación NE-SW y contiene a las elevaciones más importantes del estado. Esta cordillera constituye el parteaguas entre la región del Altiplano Mexicano, al poniente, y la Planicie Costera del Golfo, al oriente (MAPA 5).

Los basaltos, andesitas y riolitas de edad Cuaternaria de la FVTM, descansan discordantemente sobre rocas volcánicas del Terciario y sobre calizas y lutitas del Mesozoico. Una de

las explicaciones a la gran altura que presenta el alineamiento volcánico Pico de Orizaba-Cofre de Perote, es que estas estructuras comenzaron a formarse sobre el macizo de rocas sedimentarias plegadas, falladas y elevadas que constituye la Sierra Madre Oriental, el cual le sirvió como plataforma para su crecimiento (Concha-Dimas *et al.*, 2005; Carrasco-Núñez *et al.*, 2006).

En términos muy generales, la migración del vulcanismo ha seguido una dirección de norte a sur, de tal modo que en la actualidad el único volcán activo es el Pico de Orizaba o Citlaltépetl (5,675 msnm), el cual es un estratovolcán o volcán compuesto formado por la superposición de tres edificios volcánicos, los cuales, de acuerdo con Carrasco-Núñez y Ban (1994), son el resultado de la destrucción y reconstrucción sucesiva del edificio volcánico principal y constituyen tres

MAPA 5. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DE LA CORDILLERA VOLCÁNICA PICO DE ORIZABA-COFRE DE PEROTE



H: Caldera de Los Humeros, PIZ: Cerro Pizarro, A: Cráter de Alchichica, D: Domos de Las Derrumbadas, CP: Cofre de Perote, LG: La Gloria, LC: Las Cumbres, PO: Pico de Orizaba.



**Foto 3.** Vista del flanco oriental del volcán Pico de Orizaba. 1: Torrecillas, 2: Espolón de Oro, 3: Cono actual.

etapas en su historia evolutiva. Los nombres de los conos ancestrales son: Torrecillas (al sur) cuya edad estimada es de 650,000 años, Espolón de Oro (al norte) con una edad estimada en 210,000 años y finalmente el cono actual, Citlaltépetl (Carrasco-Núñez, 2000) (**FOTO 3**).

Varios autores se han ocupado de los diferentes centros volcánicos que conforman el sector oriental de la FVTM, de los cuales, por su cantidad, destacan aquellos que han estudiado el Pico de Orizaba, tales como: Robin y Cantagrel (1982), Höskuldsson y Robin (1993), Siebe *et al.* (1993), Carrasco-Núñez y Ban (1994), Concha-Dimas *et al.* (2005), Carrasco-Núñez *et al.* (2006).

Por su carácter de inactivos o extintos, los volcanes ubicados al norte del Citlaltépetl han sido objeto de menor atención. Aproximadamente unos 10 km al norte se encuentra el Complejo Volcánico de Las Cumbres, que agrupa una serie de centros eruptivos. La estructura principal es un cráter de aproximadamente 4 km de diámetro que contiene un domo de composición dacítica en su centro, conocido con el nombre de Cerro Gordo (**MAPA 5**). Este volcán se colapsó hace más de 50,000 años y sus depósitos de avalancha están distribuidos principalmente a lo largo de la actual cuenca del Río Huitzilapan-Pescados, encontrándose afloramientos en sitios muy próximos a la costa del Golfo de México (Rodríguez, 2005).

Aproximadamente 20 km al norte de Las Cumbres, se encuentra el Complejo Volcánico de La Gloria, el cual está formado por estructuras en forma de caldera que probablemente pertenecieron a un estratovolcán que fue destruido

y erosionado (**MAPA 5**). Sus depósitos se encuentran distribuidos en una región comprendida entre Teocelo y Huatusco y su edad aún no se ha determinado. Hacia el norte de La Gloria se localiza el volcán Cofre de Perote, o Nauhcampatépetl, el cual es un volcán extinto de composición andesítica muy erosionado, cuya forma tiende más hacia un volcán de los llamados tipo escudo (**FOTO 4**). La edad estimada para el inicio de la actividad volcánica en el Cofre de Perote de acuerdo con Cantagrel y Robin (1979) es de 1.5 Ma.

Un caso especial documentado recientemente por Siebert y Carrasco-Núñez (2002) es el volcán monogenético llamado El Volcancillo, localizado al NE del Cofre de Perote, cuya actividad volcánica ha sido fechada en 900 años antes del presente. Esta edad tan reciente implica que ya existían asentamientos humanos en la región cuando esta erupción tuvo

**Foto 4.** Vista del flanco oriental del volcán Cofre de Perote.

efecto. Además de El Volcancillo, en los alrededores de la ciudad de Xalapa existen aproximadamente 60 conos monogenéticos, los cuales son una clara evidencia de la actividad volcánica reciente en el sector oriental de la FVTM. Entre los más importantes se encuentran los de La Joya, el cerro del Macuilitépetl en Xalapa, el de Las Culebras en Coatepec, el Acamalín en Xico, Cerro Grande en la Orduña, y los de Cerro Gordo, entre otros (González-Mercado, 2005; Rodríguez *et al.* 2008; Rodríguez *et al.*, en prensa).

Uno de los centros eruptivos que más destaca en el sector oriental de la FVTM por su tamaño e importancia económica, es la caldera de Los Humeros. Su estructura principal es un cráter circular de aproximadamente 20 km de diámetro de



**Foto 5.** Instalaciones de la planta geotérmica de la Comisión Federal de Electricidad en la caldera de Los Humeros.

edad pleistocénica; se localiza en el límite entre los estados de Puebla y Veracruz, cerca de la ciudad de Perote. Sus productos están constituidos mayoritariamente por depósitos piroclásticos de flujo y de caída, los cuales se distribuyen en el valle de Perote y algunos alcanzan la ciudad de Xalapa, en donde son conocidos como “arenales”. Estos depósitos pertenecen a una unidad definida por Ferriz y Mahood (1984) como Ignimbrita Xáltipan, cuya edad fue estimada en 450,000 años. Actualmente la energía geotérmica producida por el calor remanente de la actividad volcánica en la caldera de Los Humeros, es una importante fuente de generación de electricidad (Foto 5).

### GEOLOGÍA ECONÓMICA

Una de las aplicaciones de la geología es la búsqueda y localización de recursos naturales como petróleo, gas, yacimientos minerales o agua, entre otros.



**Foto 6.** Pozo petrolero en el norte del estado de Veracruz.

La importancia de la geología para estos fines radica en que sólo algunas zonas muy restringidas de la corteza terrestre presentan concentraciones económicamente redituables.

Entre los recursos naturales de mayor importancia en Veracruz destacan sus yacimientos de gas y petróleo, cuyo origen está íntimamente relacionado con los procesos geológicos que han originado las rocas que conforman el territorio del estado.

Dentro de la complejidad de un yacimiento de hidrocarburos, las rocas en el subsuelo tienen funciones distintas, ya sea como generadoras (ricas en materia orgánica), almacenadoras (permeabilidad y porosidad) o sello (impermeabilidad). Además, se requiere que las condiciones estructurales y estratigráficas de estas rocas se conjuguen en espacio y tiempo para constituir lo que en términos de petróleo se conoce como una trampa, que es el ambiente ideal para el almacenamiento de los hidrocarburos. Estas condiciones ocurrieron para conformar, entre otros yacimientos importantes de Veracruz, la famosa “Faja de Oro” en la región norte del estado, cuya producción de hidrocarburos ha sido una fuente importante de divisas para el país (Foto 6).

En cuanto a su riqueza minera, Veracruz no ha sido un estado productor de minerales metálicos, particularmente si se compara con otros estados de la república como Hidalgo, Guanajuato o Zacatecas. Sin embargo, regiones como las de Tatatila-Las Minas, Chiconquiaco-Palma Sola y Los Tuxtlas tienen mineralización moderada en asociaciones de plata, plomo y zinc, aunque en la actualidad la explotación está prácticamente suspendida (Coremi, 1994).

Por otro lado, Veracruz es un importante productor de minerales no metálicos, entre los cuales puede mencionarse el caolín en la región de Huayacocotla. La materia prima de este producto es la caolinita, un mineral del grupo de las arcillas resultado de la alteración hidrotermal de las rocas volcánicas terciarias de la región (Coremi, 1994). El caolín es utilizado principalmente en las industrias de la construcción y farmacéutica, así como en la fabricación de cerámica y materiales refractarios, entre otros usos (Foto 7). Por su cantidad y calidad, los yacimientos de caolín de Huayacocotla son los más ricos del país.

En el sur del estado, en la región conocida como cuenca salina del Istmo de Tehuantepec, sobresalen los depósitos de



**Foto 7.** Caolín en la región de Huayacocotla.



**Foto 8.** Sitio de extracción y beneficio de arena sílica en el sur del estado de Veracruz.

azufre, cuyo origen está asociado con cuencas evaporíticas del Jurásico. El principal centro productor se ubica entre las poblaciones de Jáltipan y Texistepec. Actualmente su producción ha disminuido considerablemente debido a las dificultades de extracción. El azufre es usado principalmente en las industrias química y farmacéutica. Otros depósitos importantes en esta región son los de arena sílica, los cuales están asociados con depósitos de arenas cuarcíferas, arcillas arenosas y lentes de arenisca, pertenecientes a la Formación Filisola del Terciario Medio (Coremi, 1994). En su conjunto, Veracruz es considerado como el principal productor de arena sílica de todo el país (FOTO 8). Este producto se destina para la fabricación de cristal, cerámica y filtros. Se utiliza también en la industria metalúrgica y de la construcción.

Otros yacimientos importantes son los materiales pétreos, los cuales están relacionados con los enormes bancos de rocas carbonatadas ubicados principalmente en la región central. Las calizas son la materia prima para la fabricación de cemento, industria que tiene una gran importancia en la economía del estado. En el área de Tatatila-Las Minas, los depósitos de caliza

fueron afectados por intrusivos graníticos terciarios, los cuales produjeron importantes bancos de mármol.

En la industria de la construcción también son utilizados materiales derivados de la actividad volcánica, como es el caso de los bancos de arena localizados en los alrededores de la ciudad de Xalapa, así como los depósitos de pómez (localmente llamado tepezil) de la región de Perote; estos últimos son utilizados como agregados para el concreto y para la fabricación de tabicones, también conocidos como “blocks” (FOTO 9).

### PELIGROS GEOLÓGICOS MÁS RECURRENTES

En su conjunto, puede afirmarse que Veracruz es un estado con un alto grado de exposición a los fenómenos naturales, especialmente aquellos relacionados con el exceso de agua, derivado de las intensas lluvias que frecuentemente caen en diversas zonas. Además, las alteraciones hechas por la mano del hombre, tales como cortes para la construcción de caminos, asentamientos humanos irregulares o la tala irracional de los bosques, ayudan a incrementar la vulnerabilidad.



**Foto 9. ARRIBA.** a) Sitio de extracción de pómez (tepezil); b) Proceso de fabricación de “block” o tabicón.

**Foto 10. IZQUIERDA.** Deslizamiento de ladera ocurrido en 1999 en la comunidad de Francisco I. Madero, en el norte del estado.



Debido a los diferentes comportamientos que las rocas y suelos pueden presentar ante estas circunstancias, el conocimiento detallado de la geología, constituye una de las bases fundamentales para entender el carácter de los peligros naturales y así poder prevenir sus efectos destructivos.

Entre los peligros naturales más recurrentes en el territorio veracruzano están aquellos relacionados con los deslizamientos o procesos de remoción en masa y hundimientos del terreno (FOTO 10). Anualmente, estos fenómenos provocan daños considerables al afectar la infraestructura económica, pero sobre todo causan la pérdida de vidas humanas. La ocurrencia de los deslizamientos está ligada a las características climáticas, morfológicas y geológicas del estado, por lo cual resulta muy complicado el evitarlos; sin embargo, sí es posible minimizar sus efectos mediante la realización de mapas de zonificación que, entre otras cosas, ayuden a tomar decisiones correctas en cuanto a políticas de crecimiento urbano.

Además de lo anterior, en Veracruz existen dos volcanes activos, el Pico de Orizaba y el San Martín Tuxtla, los cuales, aunque actualmente se encuentran en estado de reposo, tienen una historia eruptiva que los convierte en fuentes potenciales de amenaza. Esto obliga a mantener una vigilancia permanente, ya que si bien sus períodos de reposo pueden ser largos, siempre existe la probabilidad de una reactivación.

Otro factor de peligro en el estado es la actividad sísmica, la cual se concentra principalmente en las zonas centro y sur. Históricamente se tiene un largo registro de temblores ocurridos dentro del territorio veracruzano. Entre los más recientes pueden mencionarse el conocido como de Xalapa en el año de 1920 y el de Orizaba de 1973. El primero tuvo su epicentro en una región ubicada al suroeste de Xalapa. Los daños a las construcciones fueron graves en poblados como Coatepec, Teocelo, Xico y Coscomatepec; sin embargo, lo peor ocurrió a lo largo del cauce del río de Los Pescados-Huitzilapan, en donde los derrumbes de laderas sepultaron varias poblaciones (Comisiones del Instituto Geológico de México, 1922). El de Orizaba, cuyo epicentro estuvo localizado en los límites con el estado de Puebla, ocasionó severos daños y pérdida de vidas humanas.

Antes del terremoto de 1985 en la ciudad de México, estos dos temblores eran responsables del mayor número de víctimas por un sismo en México.

## GLOSARIO

- Amonita.** Molusco de ambiente marino que predominó en nuestro planeta durante el Mesozoico y se extinguió a fines del período Cretácico.
- Andesita.** Roca ígnea extrusiva de color oscuro a intermedio, de grano fino. En su composición mineralógica predomina el feldespato, la plagioclasa y en menor cantidad biotita y hornblenda.
- Arenisca.** Roca sedimentaria formada por clastos de tamaño de arena (2-0.02 mm), englobados en una matriz de grano más fino.
- Caldera.** Cráter volcánico circular cuyo diámetro mide más de 5 km. La depresión topográfica asociada generalmente es causada por el hundimiento de una cámara magmática.
- Caliza.** Roca sedimentaria de origen químico. Se forma principalmente en ambientes marinos, aunque también ocurre en ambientes continentales. Su composición química es principalmente carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) y el mineral que la forma es la calcita. Con frecuencia contiene restos de fósiles. Cuando están constituidas por lodos calcáreos de grano extremadamente fino se les denomina calizas micríticas.
- Conglomerado.** Roca sedimentaria constituida por clastos de tamaños variables entre 2 y 64 mm (y aun mayores), englobados en una matriz de grano fino.
- Cuencas evaporíticas.** Lagunas de profundidad muy somera con alto grado de salinidad. La evaporación del agua induce la precipitación química directa de los iones contenidos en el agua y forma depósitos conocidos como evaporíticos, entre los cuales se encuentran la sal y el yeso.
- Dacita.** Roca ígnea extrusiva de color intermedio a claro, de grano fino. En su composición mineralógica predomina el feldespato, la plagioclasa, biotita y en menor proporción la hornblenda, y piroxenos.
- Depósito siliciclástico.** Acumulación de sedimentos de composición mayoritariamente silicatada, que constituyen rocas sedimentarias cuyo cementante es óxido de silíce.
- Esquistos.** Grupo de rocas metamórficas foliadas, formadas principalmente por minerales laminares tales como mica, clorita, talco, hornblenda, grafito y otros.
- Estratovolcán.** Volcán compuesto por múltiples capas de lava y depósitos piroclásticos, su forma es cónica y llega a alcanzar grandes alturas. Ejemplos: Pico de Orizaba y Popocatepetl.
- Filita.** Roca metamórfica de grano fino. Sus principales componentes mineralógicos son moscovita, sericita, clorita y cuarzo.
- Gabro.** Roca ígnea intrusiva de color verde oscuro, de grano grueso. Su mineralogía está compuesta principalmente por plagioclasa, piroxenos y olivino.
- Intrusivo.** Cuerpo ígneo de forma tabular que se forma cuando el magma intrusión otra roca. Se enfría y solidifica bajo la superficie.
- Ignimbrita.** Roca volcánica formada por un flujo piroclástico de grandes dimensiones. Sus principales componentes son fragmentos de pómez y rocas englobados en una matriz de vidrio y pequeños cristales. Por lo general sus fuentes de emisión son grandes calderas. Este tipo de rocas predomina en la provincia ignimbrítica que constituye la Sierra Madre Occidental.
- Limolita.** Roca sedimentaria formada por lodos finos (limo) cuyo cementante es por lo regular carbonato de calcio. También se conocen como lodolitas.
- Lutita.** Roca formada por sedimentos del tamaño de la arcilla y limo. Generalmente tienen un alto contenido de materia orgánica, lo que les confiere un color oscuro. Se les considera como una de las rocas generadoras de petróleo.
- Mineral.** Material cristalino inorgánico de origen natural con una estructura química definida.
- Migración volcánica.** Desplazamiento lateral de la actividad volcánica en una determinada dirección. El resultado de este proceso es la formación de volcanes alineados. Ejemplo: Cofre de Perote, Las Cumbres y Pico de Orizaba.
- Monzonita.** Roca ígnea intrusiva de textura granular y colores claros a intermedios. Su mineralogía está compuesta principalmente por ortoclasa, feldespato, plagioclasa, hornblenda, augita y biotita.
- Orogenia.** Conjunto de procesos geológicos que se producen en los bordes de las placas tectónicas y que dan lugar a la formación de grandes cadenas montañosas.
- Orogenia Laramide.** Proceso de formación de montañas (orogénesis) que comenzó en el Cretácico superior hace aproximadamente 65 millones de años y terminó durante el Eoceno, hace 35 millones de años. Como resultado de esta orogenia se formó la Sierra Madre Oriental y su continuación hacia el norte, es decir las montañas Rocallosas.
- Piroclastos.** Fragmentos individuales de roca volcánica que son expulsados durante una erupción. Ejemplos: pómez y escoria. En conjunto constituyen los depósitos piroclásticos de flujo o caída, según sea su mecanismo de emplazamiento.
- Rift continental.** Región de la corteza terrestre a lo largo de la cual se está produciendo extensión o apertura. Como resultado de este proceso se forma una depresión lineal o rift sobre la cual se encauzan ríos o se forman lagos.
- Roca ígnea.** Roca formada por el enfriamiento y cristalización del magma.
- Roca metamórfica.** Roca formada por la modificación de otras rocas preexistentes en el interior de la Tierra mediante calor, presión y/o fluidos químicamente activos.
- Rocas sedimentarias.** Rocas formadas a partir de los diferentes procesos de intemperismo en rocas preexistentes. Los productos resultantes son transportados, depositados y litificados.
- Sedimentos volcánoclasticos.** Partículas de roca constituidas de material proveniente de los volcanes.
- Subducción.** Proceso de hundimiento de una placa tectónica bajo otra. Los esfuerzos generados son de compresión y ocurre en los límites convergentes entre dos placas.
- Silíce.** Compuesto químico muy abundante en la corteza terrestre y cuya composición química es óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>). Su expresión mineralógica más común es el cuarzo.
- Volcán monogenético.** Volcanes de tamaño pequeño que por lo general presentan la forma de un cono truncado. Se forman como resultado de una sola erupción.

# Climatología

ALFREDO RUIZ BARRADAS · ADALBERTO TEJEDA MARTÍNEZ  
SAÚL MIRANDA ALONSO · RODRIGO HUMBERTO FLORES ZAMUDIO



#### ALFREDO RUIZ BARRADAS

Investigador Asistente en el Departamento de Ciencia de la Atmósfera y el Océano en la Universidad de Maryland, EUA. Graduado en Ciencias Atmosféricas por la Universidad Veracruzana, con maestría en Ciencias (Geofísica) por la UNAM, y maestría y doctorado (Ph D) en Meteorología por la Universidad de Maryland, EUA. Sus áreas de investigación son: variabilidad del hidroclima en EU, México y el Caribe, entendimiento y predicción de sequías multianuales, variabilidad del clima a escalas que van de estacionales a decenales. Ha publicado artículos sobre temas de hidroclima en el *Journal of Climate*, una de las revistas líder en ciencia del clima, publicada por la Sociedad Americana de Meteorólogos. Dos de esos artículos se han convertido en citas obligadas en los temas de variabilidad en el Atlántico tropical (2000) y variabilidad de la lluvia y su modelaje con modelos globales del clima sobre el centro de EUA (2005).

#### ADALBERTO TEJEDA MARTÍNEZ

Doctor en Geografía por la UNAM, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel II. Es profesor de la Licenciatura en Ciencias Atmosféricas de la UV desde 1985. Su campo de especialidad es la climatología aplicada, en la que ha participado como coautor en 12 libros y en más de 20 artículos especializados publicados en revistas de circulación internacional. Ha sido asesor de la Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde y de la Comisión Federal de Electricidad. Desde 1992 colabora con el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM en diversos proyectos de investigación, principalmente sobre climatología urbana, cambio climático global y bioclimatología humana. Ha sido Coordinador General de la Unidad de Estudios de Posgrado y Director General de Investigaciones de la UV, Director General del Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología y actualmente es Coordinador del Plan de Acción Climática para el estado de Veracruz.

#### SAÚL MIRANDA ALONSO

Doctor en Oceanografía Física por la Universidad de Hamburgo, Alemania, realizó la maestría también en Oceanografía Física por el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Baja California, y la licenciatura en Física por la Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Se ha dedicado al manejo de las bases numéricas y modelación en climatología en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Ha colaborado en la modelación numérica del océano en la Secretaría de Marina y en la Universidad de Hamburgo. Es maestro en la Universidad Veracruzana desde 2000 hasta la fecha y en otras universidades desde 1973. Ha publicado 25 trabajos en extenso en congresos y numerosos informes técnicos, el más reciente: “Elaboración de un Atlas Climatológico Nacional Actualizado”, 2007. Colabora actualmente en la Secretaría de Protección Civil del Gobierno del Estado de Veracruz y en el Centro Estatal de Estudios del Clima.

#### RODRIGO HUMBERTO FLORES ZAMUDIO

Pasante de Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, se ha especializado en la elaboración de pronósticos meteorológicos. De 2005 a 2008 colaboró en proyectos de investigación en la Subcoordinación de Hidrometeorología del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Actualmente colabora en el Centro Estatal de Estudios del Clima de la Secretaría de Protección Civil del Gobierno del Estado de Veracruz. De 2005 a 2006 participó en el proyecto “Atlas Climatológico Actualizado de México”; en 2006, como expositor en el curso “Actualización en Meteorología y Equipos de Medición” en San Luís Potosí, SLP, y en 2007, también como expositor en el curso “Actualización en Meteorología y Equipos de Medición” en Veracruz. Ver.

**LA GEOGRAFÍA DEL ESTADO DE VERACRUZ** queda descrita, en buena medida, por la distribución de sus climas, y no sólo por lo que hace a sus paisajes, sino también a los hombres, que parecen adoptar el temperamento de sus tierras. Envueltos en sí mismos, los habitantes de los bosques serranos lindan tierras abajo con los mesurados pobladores de las áreas templadas de la media montaña. En las tierras bajas y la costa explotan festivas la flora, la fauna y la risa. Hasta el subsuelo se corresponde con el clima: la llanura costera es sinónimo de bochorno y explotación petrolera. Las otras llanuras, las de las mesetas montañosas, son semiáridas y frías en invierno, recordando frecuentemente paisajes de las faldas alpinas.

Del boceto anterior surgen dos preguntas: *el porqué* y *el cómo* de los climas veracruzanos. Es decir: ¿Por qué en una faja de territorio situada en latitudes tropicales es posible encontrar tal diversidad de climas, incluyendo glaciares perpetuos? ¿Cómo son las cartografías de temperaturas, lluvias, granizadas, heladas, etcétera, en el estado? En un sentido más práctico, también hay que tocar el punto de las adversidades atmosféricas, causas más frecuentes de desastres por fenómenos naturales en el estado.

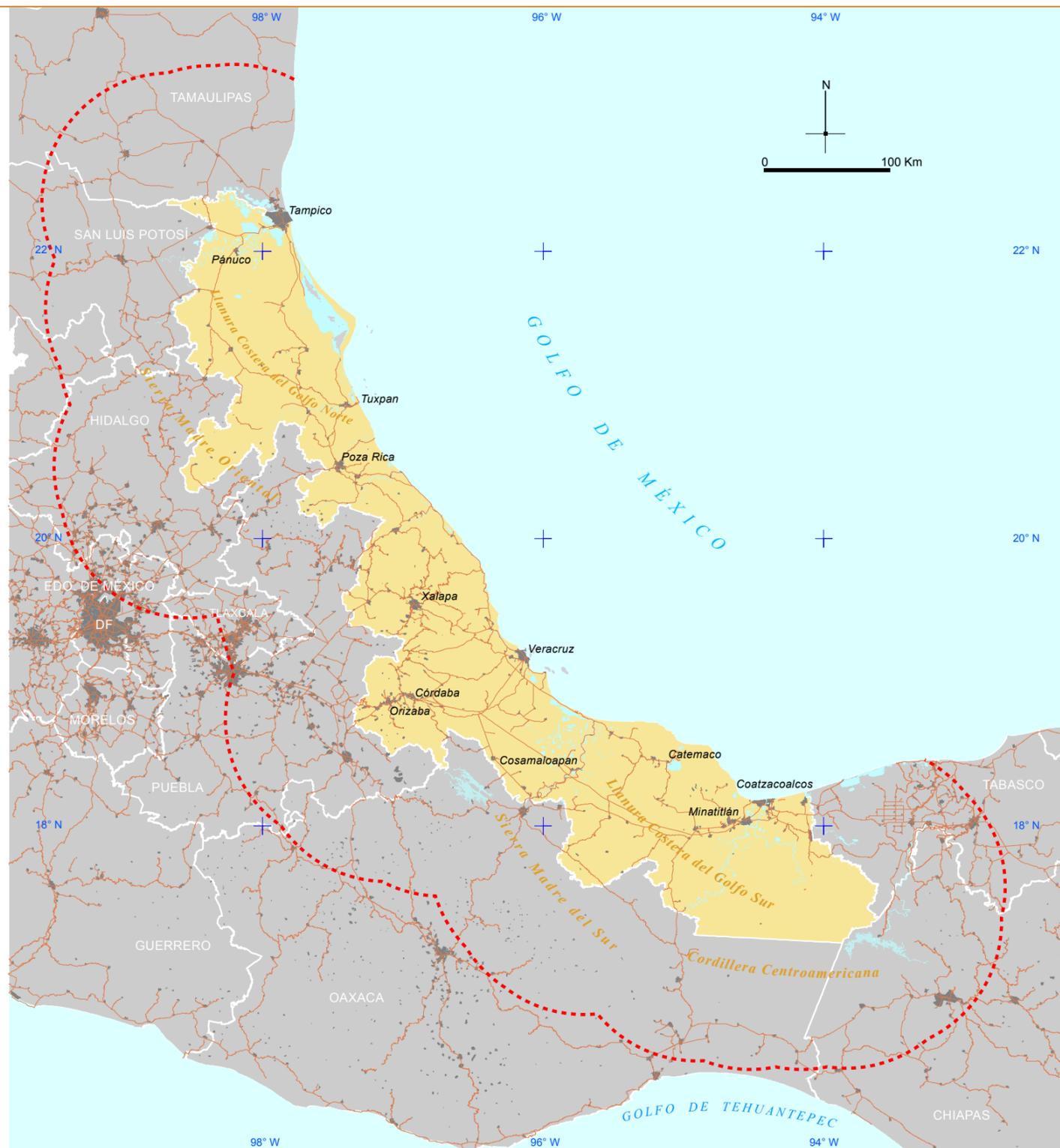
Las condiciones climáticas para el estado de Veracruz van desde el cálido húmedo en el sur hasta el cálido semiseco en el norte y en el centro del estado, pasando por las condiciones templadas y frías de la montaña. El mar, tan cercano a cualquier parte del estado, beneficia con su efecto regulador de la temperatura y aporta suficiente humedad y precipitación; propicia, a veces, las condiciones ideales para el desarrollo de las múltiples actividades de los veracruzanos y, en otras, genera factores de riesgo. Es decir, el estado de

Veracruz presenta características climáticas tan interesantes como complejas.

A continuación se presenta una descripción del clima de la región mostrada en el **MAPA 1**, a partir de datos del periodo 1976-2005; se incluye una franja de 100 km a partir de los límites del estado. Veracruz cuenta con una extensión superficial de 72,410.05 km<sup>2</sup> distribuidos en 212 municipios; tal superficie representa 3.7% del territorio nacional, de manera que ocupa el décimo primer lugar nacional por su extensión. Dos tercios son planicies y lomeríos, y un tercio está dominado por montañas. Se localiza entre los 17°03' y los 22°27' de latitud norte y los 93° 36' y 98° 38' de longitud oeste (INEGI, 2005).

Debido a su ubicación y complejidad orográfica —ya que se encuentra entre la Sierra Madre Oriental y el Golfo de México, y a que alrededor del paralelo de 19°N es atravesado por el Eje Neovolcánico—, el estado de Veracruz cuenta con una multitud de climas, zonas semiáridas, tropicales y hasta nieves perpetuas, en la cima del Pico de Orizaba. Ampliando el análisis de la situación orográfica del estado, se puede decir que la mayor parte se encuentra a menos de 300 msnm. La zona montañosa incluye la Sierra Madre Oriental que, como ya se dijo, se une con el Eje Volcánico Transversal en el centro de Veracruz. Además, abarca también sistemas montañosos aislados, como la Sierra de Los Tuxtlas y la de Tantima. Asimismo, los sistemas montañosos del norte de Oaxaca colindan con Veracruz. La planicie costera nororiental ocupa una franja de tierras bajas que se extiende hasta el centro de Veracruz. Este territorio también cuenta con una considerable cantidad de ríos que provenientes de la Sierra Madre Oriental, en su mayoría siguen una ruta que va de suroeste a noreste, hacia el Golfo de México (Tejeda, *et al.*, 1989).

MAPA 1. REGIÓN DE ESTUDIO



## LOS CONTROLES PERMANENTES

Mosiño (1974) dice que los determinantes del clima son, por orden de importancia: 1) la latitud, 2) la orografía, 3) la distribución de tierras y aguas, 4) las corrientes marinas y 5) las tormentas junto con sus trayectorias. A los tres primeros se les considera “controles permanentes”, y a los dos últimos “controles variables” (Mosiño y García, 1973).

Por lo que hace al primer control permanente, se sabe que el estado de Veracruz se encuentra situado entre latitudes tropicales, pero su parte norte no está lejos del trópico de Cáncer, por lo que habrá de esperarse que también afecten los fenómenos extratropicales.

La orografía (el segundo control) es en parte escarpada, por lo que inducirá embalses, encañonamiento, elevamientos forzados de aire, desviaciones y demás variaciones que modifican sustancialmente los efectos de las tormentas y las masas de aire que afectan a la zona, y a su vez impedirán condiciones climáticas homogéneas en todo el territorio. Es decir, si la latitud hace que el estado atmosférico varíe a lo largo del año, la orografía provocará su modificación espacial.

El mar proveerá humedad a barlovento de la Sierra Madre Oriental; a estas tierras llegan básicamente dos tipos de masas de aire (a veces en forma de tormentas): el aire tropical en el semestre centrado en el verano, y las masas polares en los meses centrados en el invierno. En etapas de transición suele dominar el borde poniente del anticiclón de las Bermudas, cuya presión barométrica alta impide la formación de nubes y propicia los cielos despejados.

Para esta zona, los “controles” o “determinantes” más fuertes son la orografía y los sistemas de circulación atmosférica dominantes en distintas épocas del año.

En el litoral veracruzano la llanura costera puede dividirse en dos porciones: la que está al norte y la que está al sur de ese máximo estrechamiento localizado aproximadamente a 20° N.

La anchura media de la llanura en la región norte varía entre 40 y 160 km —en las cercanías de las sierras de Teziutlán y Zaca-poztla, alcanza un mínimo de amplitud—, y en ella se localiza la región de las Huastecas. Como el clima es más húmedo que el de la subprovincia del extremo norte, la vegetación es de tipo

francamente tropical, el río más importante es el Pánuco con su afluente el Tamesí; al sur se localiza la laguna de Tamiahua y una serie de ríos de curso corto, como el Tuxpan, el Cazones, El Tecolutla, el Nautla y otros (Jáuregui y Soto, 1975). En la parte sureña es donde la llanura costera alcanza su mayor desarrollo; su anchura varía entre 100 y 160 km.

Las tierras más bajas del istmo de Tehuantepec están interrumpidas por la sierra volcánica de Los Tuxtlas, que presenta algunos cráteres. El volcán de San Martín, de más de 1000 m de altitud, es el más elevado de esta sierra. Numerosos y caudalosos ríos drenan esta amplia zona, principalmente el Papaloapan y su afluente el San Juan y el Coatzacoalcos (Jáuregui y Soto, 1975).

## SISTEMAS DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA EN VERACRUZ

Como ya se dijo, dos tipos de masas de aire se alternan en el dominio de la zona de estudio: la tropical, primordialmente en el semestre centrado en el verano, y la polar, que tiene incursiones frecuentes durante el invierno. Existen periodos de transición cuando se pasa de un semestre a otro y estas masas de aire se van alternando; en ocasiones no hay una situación bien definida.

Durante el invierno, el aire polar avanza del norte hacia el sur. En el verano llega aire tropical (cálido y húmedo) del oriente. De esta manera se hace patente el efecto de la latitud, que permite la llegada tanto de un tipo de aire como de otro.

### El invierno

La presencia de aire polar en la parte veracruzana de la vertiente del Golfo de México puede ocurrir de octubre a mayo. A veces lo hace como un frente frío (llamado norte), consistente en un desprendimiento de la masa polar por el norte del Golfo, cuyo efecto no es muy profundo, pues en la vertical se extiende apenas hasta los 700 milibares (3,500 m de altitud aproximadamente). Hay una disminución sensible de la temperatura en superficie y bien puede asociarse con nublados en las cimas de las sierras que están de cara al Golfo. En el altiplano o al occidente de la cordillera de la Sierra Madre, estos nortes sólo ocasionalmente surten efectos.

Por el contrario, cuando las invasiones de aire polar están asociadas con el paso de vaguadas polares (parte sureña de las ondas de los vientos de oeste, que en otra época del año viajan en latitudes más altas), el enfriamiento también abarca al altiplano.

Las invasiones de aire polar juegan un papel muy importante en el balance energético del sistema climático mundial. Realizan un intercambio de energía que ayuda a compensar el déficit energético anual de latitudes medias y altas, “robándole” calor a las latitudes bajas.

Puesto que a la planicie costera y a la vertiente oriental de la sierra llega fácilmente humedad proveniente del Golfo, las invasiones de aire frío provocan nublados y lluvias ligeras, que apenas representan 10% de la lluvia anual. En las partes más elevadas, a partir de los 1,800 m, durante inviernos muy severos pueden presentarse nevadas.

En una situación típica de norte, los vientos más intensos se observan en la costa suroeste del Golfo, entre Nautla y Coatzacoalcos, siendo máximos entre Laguna Verde y el puerto de Veracruz, en donde el aire parece represarse con más fuerza al recargarse contra los flancos orientales de la sierra de Teziutlán, cuyas estribaciones llegan prácticamente a la costa frente a Laguna Verde. Entre esta sierra y la de San Martín Tuxtla, al sureste del puerto, también sobre la costa se forma un corredor donde, al pasar por dicho estrechamiento, el viento del norte es más violento. Un norte puede avanzar en un solo día desde Matamoros hasta Coatzacoalcos (Jáuregui, 1975).

### El verano

La primavera en esta región —climáticamente hablando— se caracteriza por la disminución de la frecuencia de invasiones de aire polar y la ganancia de terreno por parte del aire tropical, que paulatinamente va emergiendo del sur hacia el norte. A veces, aún en mayo, se desprende algún norte poco profundo y poco severo, pero por lo regular para junio ya se estableció el aire tropical. Su forma de manifestarse son los vientos alisios. Puesto que soplan del Golfo hacia el continente, la Sierra Madre Oriental fuerza el ascenso de aire húmedo provocando las lluvias orográficas.

En ocasiones, los vientos adquieren la forma de “ondas del este”, en cuyo eje el viento cambia de dirección e intensidad

ocasionando inestabilidad atmosférica, con nubes de desarrollo vertical considerable. Las depresiones, tormentas y ciclones tropicales (huracanes) pueden ser graduales acentuaciones de estas ondulaciones en la circulación tropical.

Las ondas del este, primer nivel de inestabilidad convectiva de los vientos alisios, tienen su frecuencia máxima entre agosto y septiembre. Se forman en el Atlántico e ingresan al territorio continental después de cruzar la Península de Yucatán, y el paso de una de ellas puede dejar una secuela de tres a cuatro días con lluvia, a los que siguen unos días despejados cuando pasa la parte más sureña de la onda.

Cuando estas ondas alcanzan el nivel de depresión o tormenta tropical y llegan a chocar o a pasar cerca del territorio, dejan tras de sí cantidades considerables de lluvia en la vertiente del Golfo, mientras que en el Valle de México el tiempo es despejado. Su máxima ocurrencia es en septiembre, aunque pueden presentarse desde mayo hasta noviembre.

El efecto combinado de la orografía y las diversas formas de la circulación tropical hacen que para esta región la lluvia veraniega (mayo-octubre) represente alrededor de 80% del monto de la anual.

El sistema de alta presión conocido como Anticiclón de las Bermudas, a mitad de la estación de lluvias alcanza a afectar a la vertiente del Golfo, impide el desarrollo nuboso y mantiene los cielos despejados. Los días son tan calurosos como en mayo. Es la llamada “canícula” o sequía de medio verano. Desde luego, a medio invierno el Anticiclón llega a tocar esta región. La diferencia es que entonces las noches son significativamente frías. Es cuando en las partes medias y altas de la Sierra ocurren las heladas.

### Los sistemas locales

Más allá de las modalidades que induce la orografía local sobre los sistemas de circulación atmosférica de gran escala, están la brisa marina y el terral, circulaciones debidas a los contrastes térmicos entre el mar y el continente. El terral es el viento nocturno que va del continente al mar.

La brisa marina en esta zona se desarrolla aproximadamente tres horas después de la salida del Sol. Durante el verano la brisa marina es muy persistente porque se superpone a los vientos alisios, mientras que en el invierno casi es borrada

al presentarse los nortes. Si hay brisa marina, su efecto llega hasta Xalapa, haciéndose patente por un máximo relativo de humedad absoluta alrededor del medio día.

## ELEMENTOS CLIMÁTICOS GENERALES

### La temperatura

Domínguez (1941), en forma bastante sintética, había encontrado que para la vertiente del Golfo de México las estaciones del año tienen el siguiente comportamiento:

Primavera (marzo a junio): caluroso, seco y calmoso.

Verano (junio a septiembre): caluroso, húmedo y calmoso.

Otoño (octubre y noviembre): frío, húmedo y ventoso.

Invierno (diciembre a marzo): se alternan el tiempo seco y frío y ventoso con el frío, húmedo y calmoso.

Una comprensión más detallada se logra con los mapas que acompañan a este texto. En el **MAPA 2** se muestra la temperatura media anual observada de 1976 a 2005, disminuyendo de sur a norte y principalmente de la costa hacia la sierra, con los mínimos en las cimas volviendo a aumentar ligeramente en el occidente de la Sierra Madre. La disminución de la costa hacia la sierra y el subsecuente aumento a sotavento, claramente se debe al efecto orográfico, pues estamos en presencia de climas tropicales modificados por la orografía (Mosiño, 1974).

El aumento de temperatura de norte a sur se debe a que las masas de aire polar y tropical ejercen con mayor facilidad su efecto a norte y sur del territorio, respectivamente. Así, en enero ese aumento es más notorio porque los nortes actúan con menor frecuencia en la parte sur. Por el contrario, en el mes de julio las temperaturas sobre la planicie costera al sur son menores que al norte, debido a que el aire tropical a



mitad del verano ya se hizo presente en el sur, acompañado de humedad y nubes que disminuyen la insolación.

En términos generales el estado puede ser regionalizado en muy caluroso (llanura costera sur), caluroso (llanura costera norte), templado (faldas de las sierras) y frío sólo en los picos de las montañas.

El mes más frío para todo el estado es enero. El mes más caluroso es mayo para el sur y el centro, mientras que para el norte es junio. Tal comportamiento se debe a la invasión paulatina de aire tropical que para junio ya se instaló sobre la porción sur provocando nublados y lluvias, mientras que al norte todavía se mantienen los cielos despejados. Puesto que el contenido de humedad en el aire determina la regularidad de la variación térmica, las zonas extremas se ubican al occidente de la Sierra Madre y eventualmente en las cimas de las montañas, hasta donde no logra llegar la humedad proveniente del Golfo.

El MAPA 3 y el MAPA 4 corresponden a los promedios anuales de temperaturas mínima y máxima, respectivamente, y presentan



una distribución similar al MAPA 2. Para las temperaturas se utilizó en los mapas una escala de colores que va desde el azul hasta el rojo, pasando por el verde y el amarillo; así, las zonas más frías están relacionadas con tonos en azul y la temperatura aumenta progresivamente al pasar al verde, el amarillo y el rojo, que representa las temperaturas más elevadas.

### La lluvia

Dado que las lluvias se originan principalmente por la llegada a esta región de las masas de aire húmedo tropical, así como por su interacción con la orografía, la temporada de lluvias es el verano. Los máximos de precipitación se ubican sobre las sierras, ligeramente desplazados al NE (barlovento), y los mínimos a sotavento. Sobre la llanura costera los valores son intermedios. En todos los casos los máximos de precipitación corresponden a sistemas montañosos, lo mismo en la Sierra de Teziutlán que en el Pico de Orizaba y la Sierra de Los Tuxtlas (MAPA 5). Casi todo el estado de Veracruz es entre lluvioso y muy lluvioso.

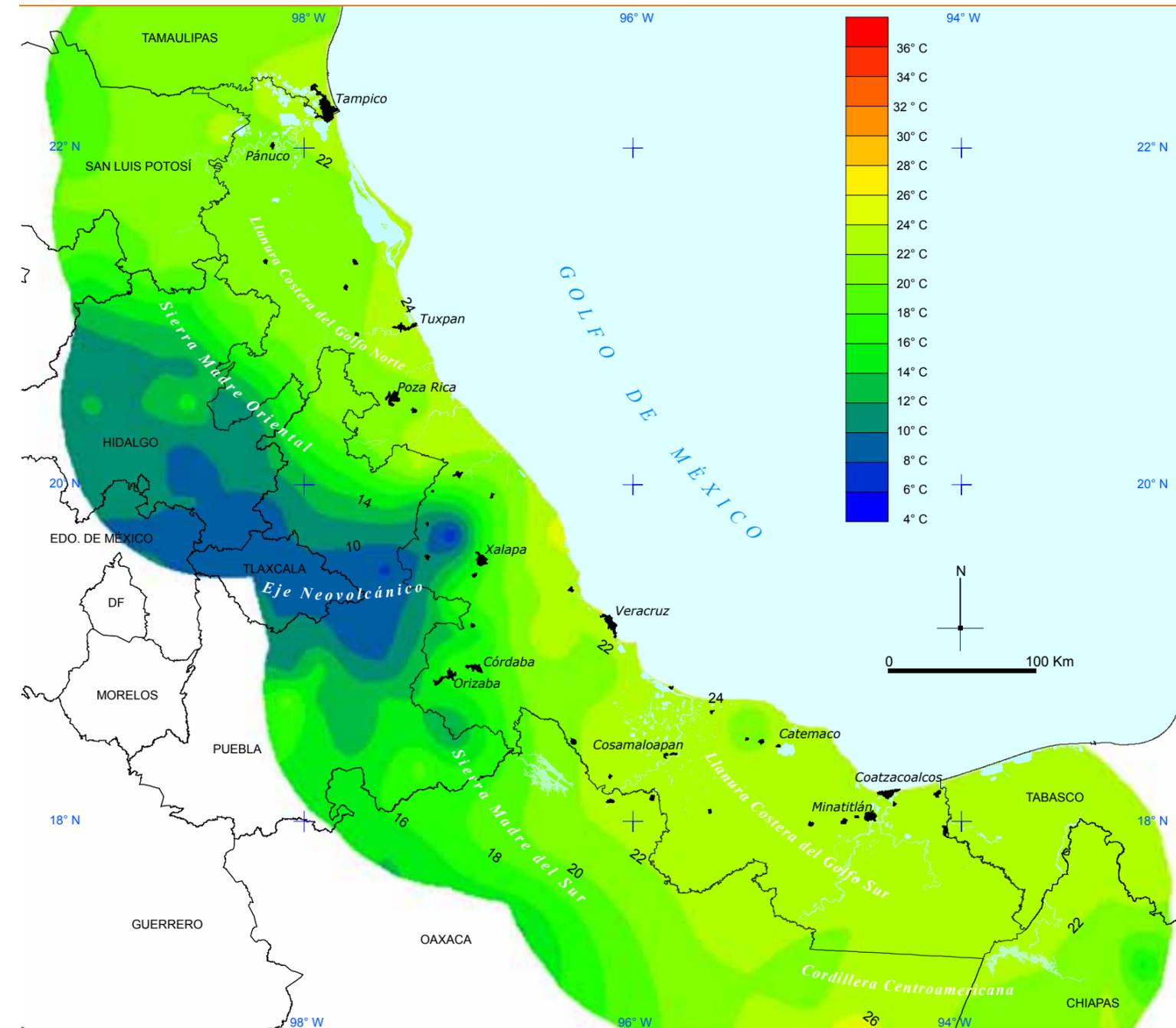
El mes más lluvioso no es el mismo para todo el estado. Septiembre para el norte y el sur, donde preferentemente llegan las tormentas tropicales y las ondas del este, respectivamente, cuyas frecuencias máximas se encuentran en septiembre. Para el centro del estado es julio, mes previo a la sequía intraestival o canícula que, al igual que en otras partes del país, en el estado ocurre en agosto (Mosiño, 1974).

El periodo menos lluvioso es el invierno (diciembre a febrero) en las zonas montañosas, y la primavera (marzo a mayo) en la llanura costera.

Casi como un negativo del MAPA 5 (precipitación), el MAPA 6 presenta la evaporación medida en un tanque. Es decir, se trata de la evaporación potencial, la que ocurriría de haber disponibilidad de agua, por lo que los máximos corresponden a las zonas y periodos menos húmedos del estado.

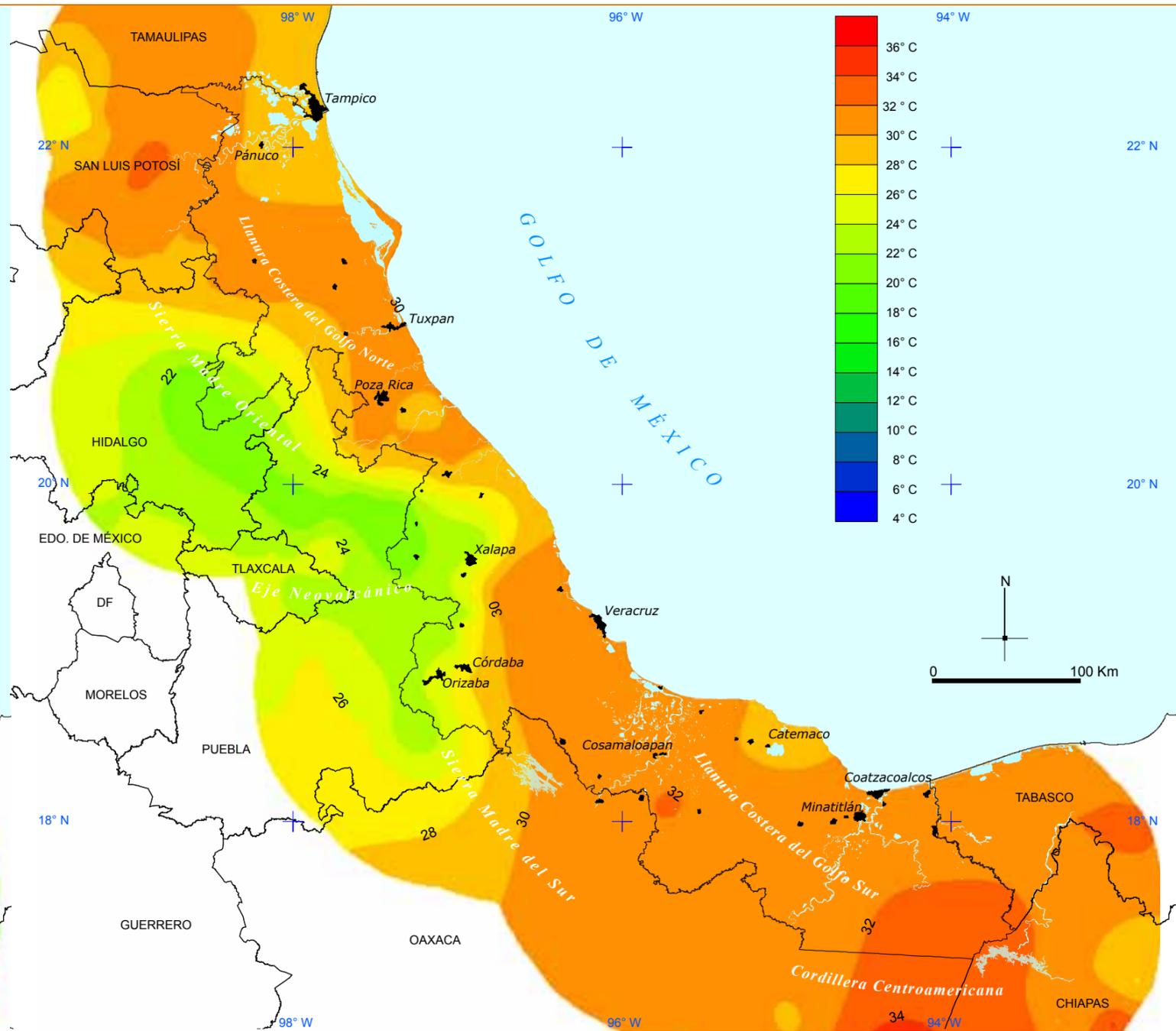
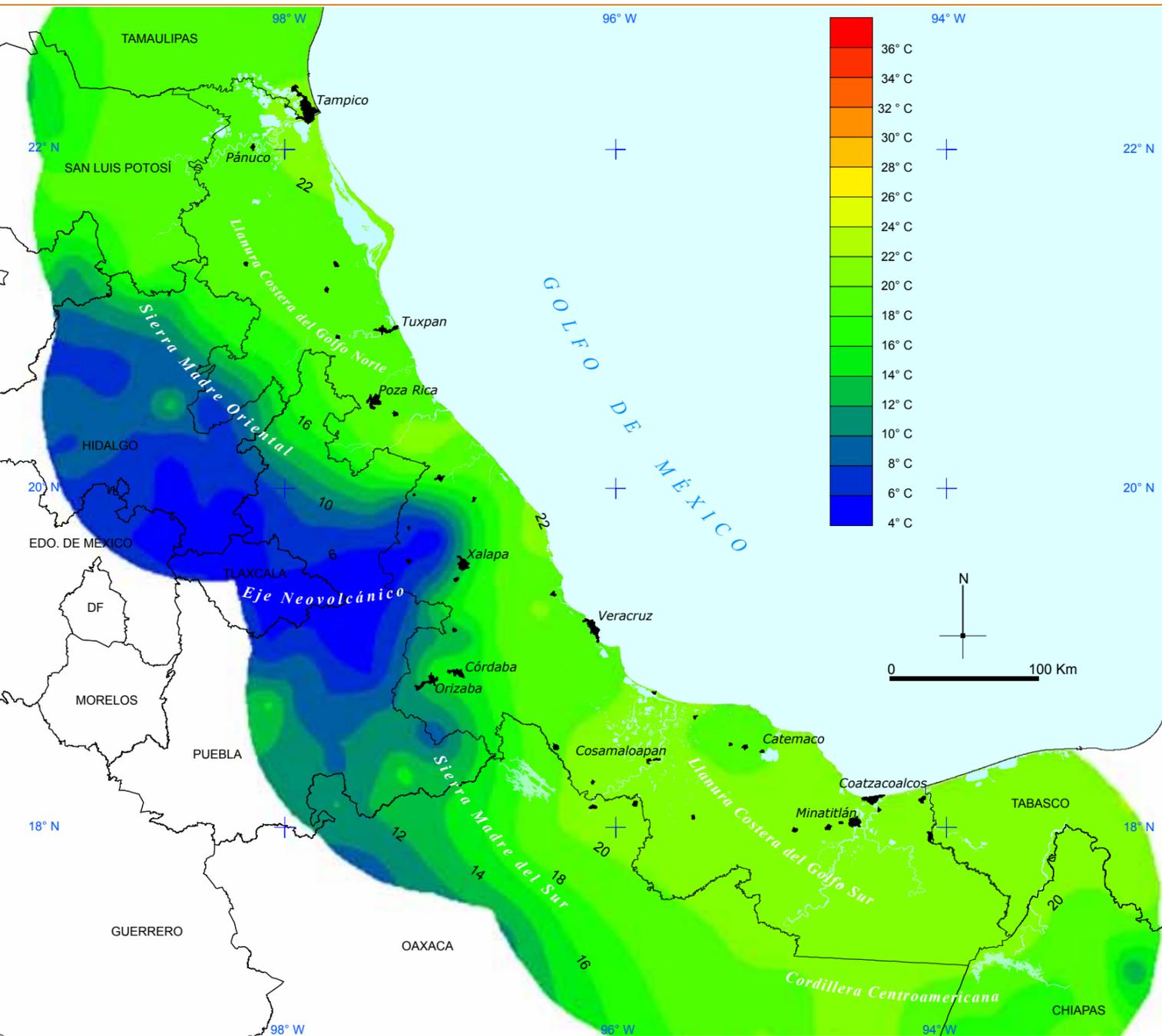
Los MAPAS 7, 8 y 9 muestran gráficamente los valores promedio 1976-2005 de los días al año con granizo, nieblas y tormentas eléctricas, respectivamente. En los mapas de precipitación, los colores van del azul (mayor precipitación) seguido en orden descendente del verde, amarillo y rojo (mínima precipitación), como muestra la barra de colores a la derecha de la gráfica correspondiente.

MAPA 2. TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C) 1976-2005

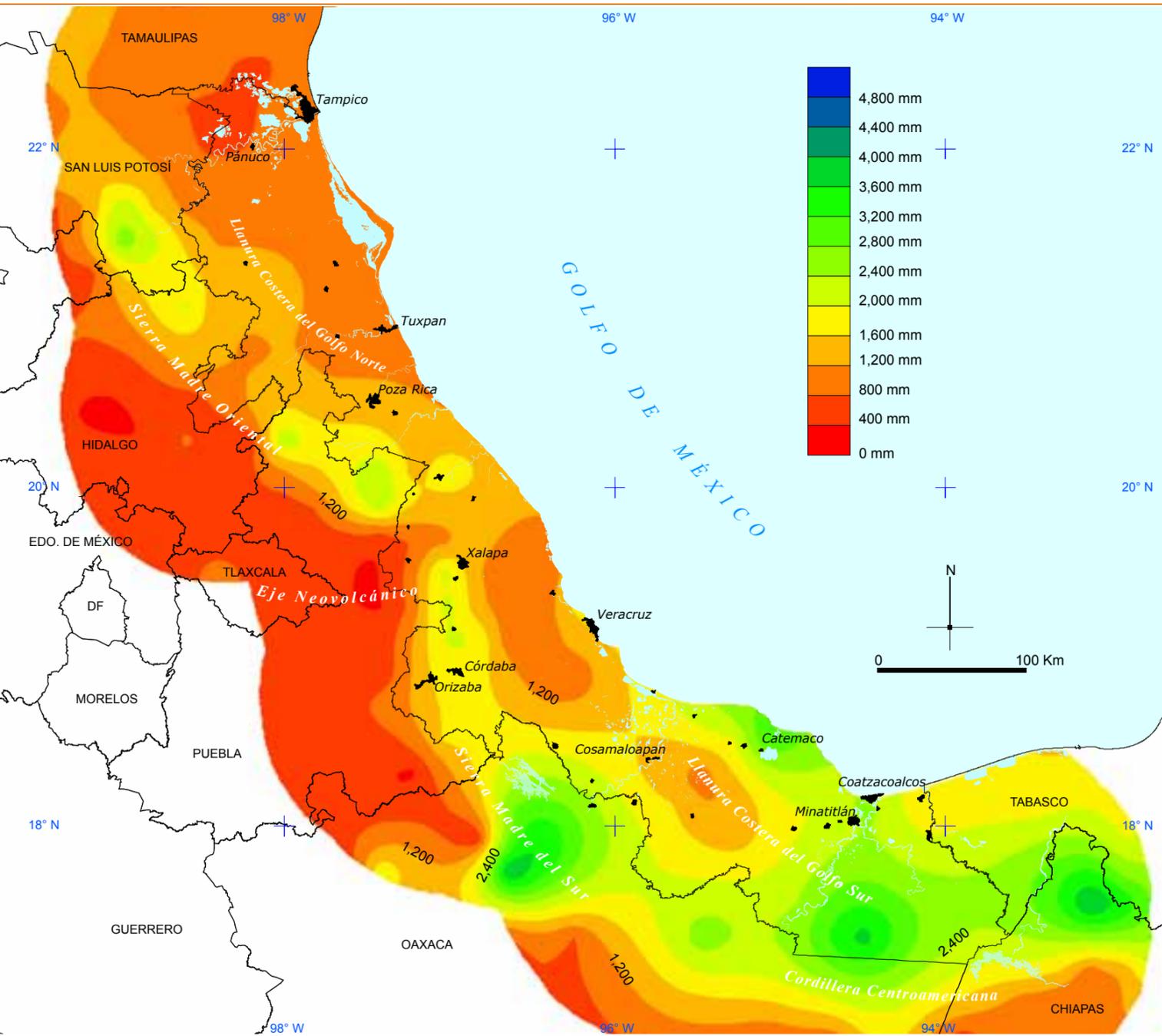


MAPA 3. TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA ANUAL (°C) 1976-2005

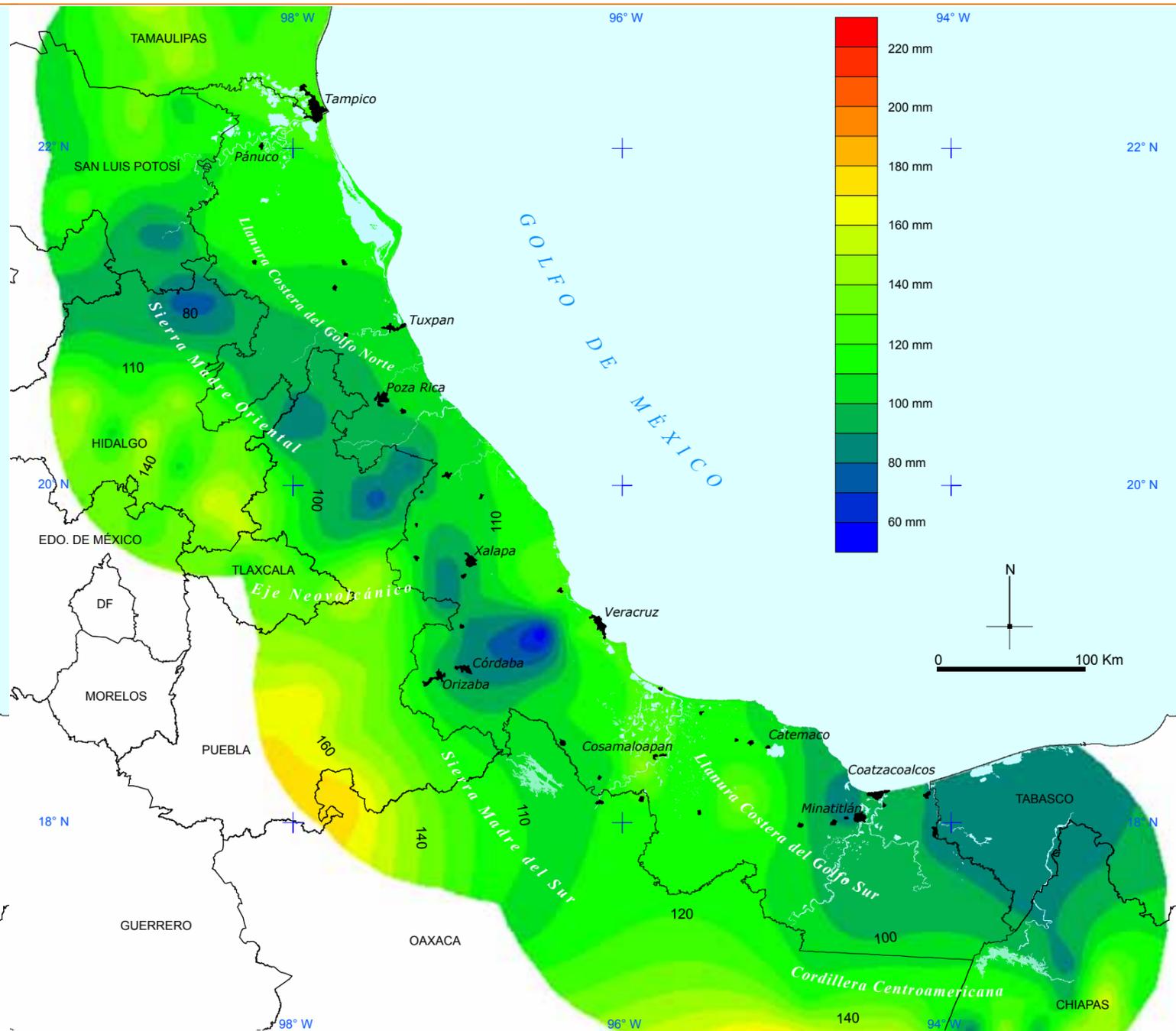
MAPA 4. TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA ANUAL (°C) 1976-2005



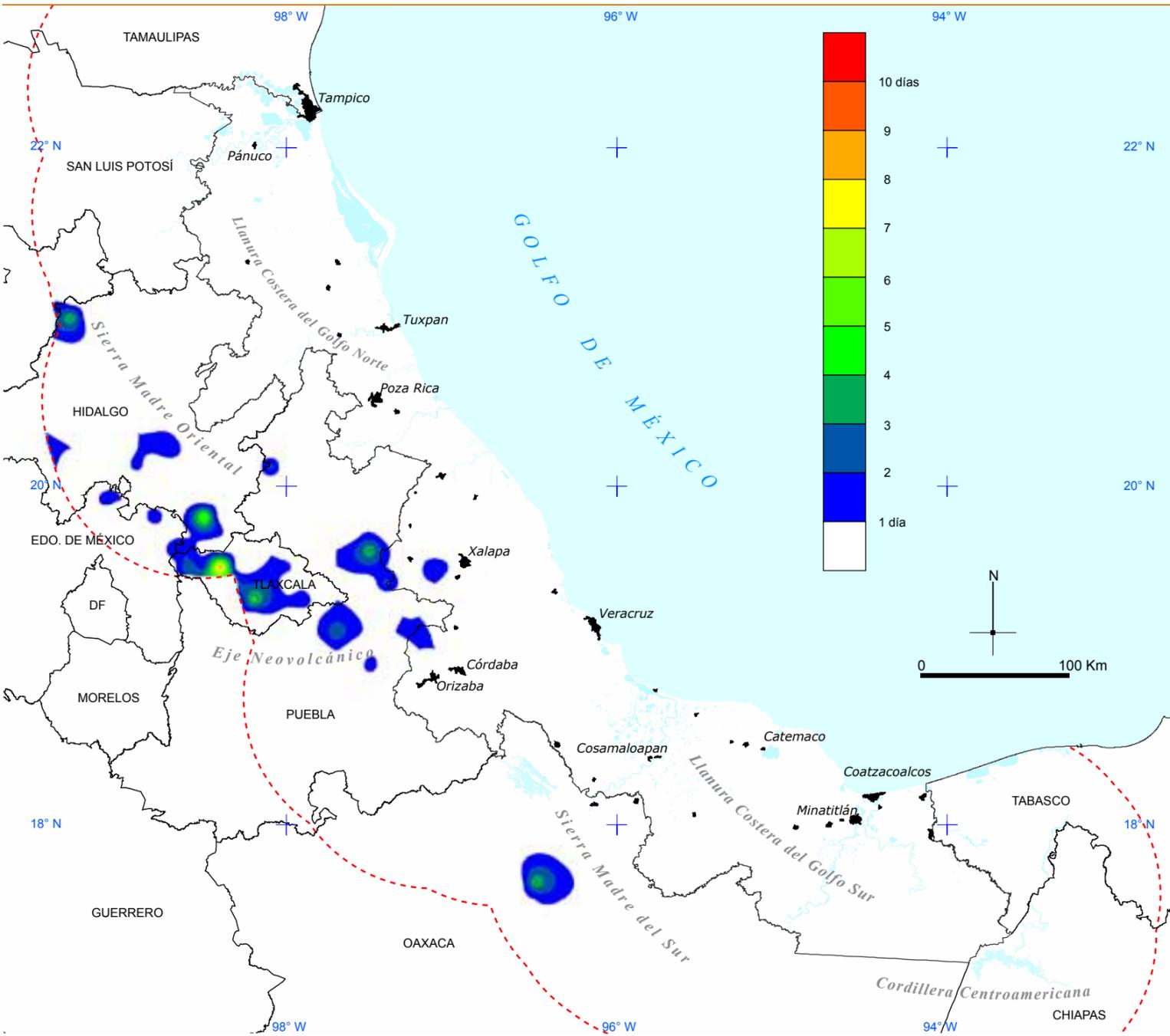
MAPA 5. PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL (mm) 1976-2005



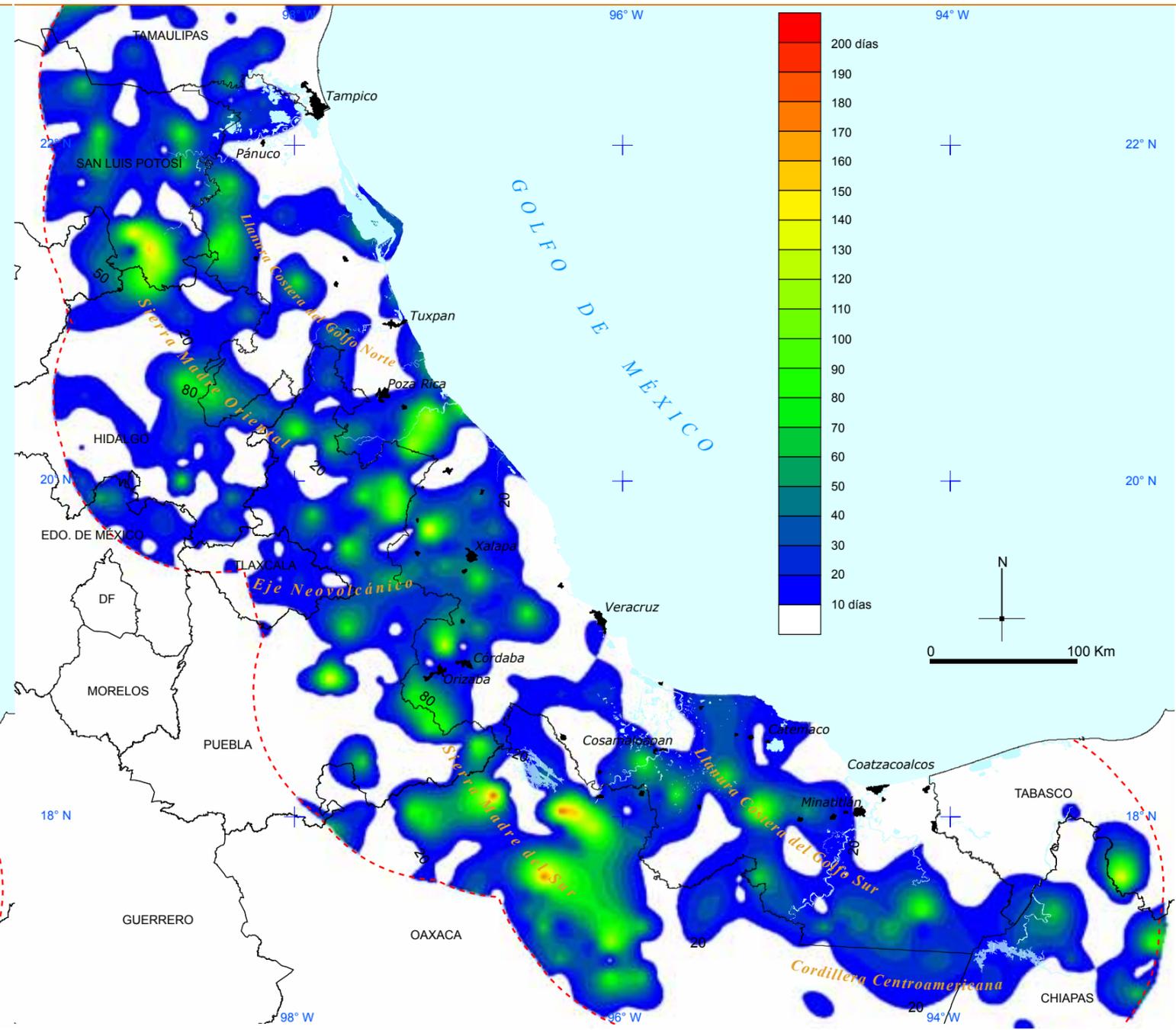
MAPA 6. EVAPORACIÓN MEDIA ANUAL (mm) 1976-2005



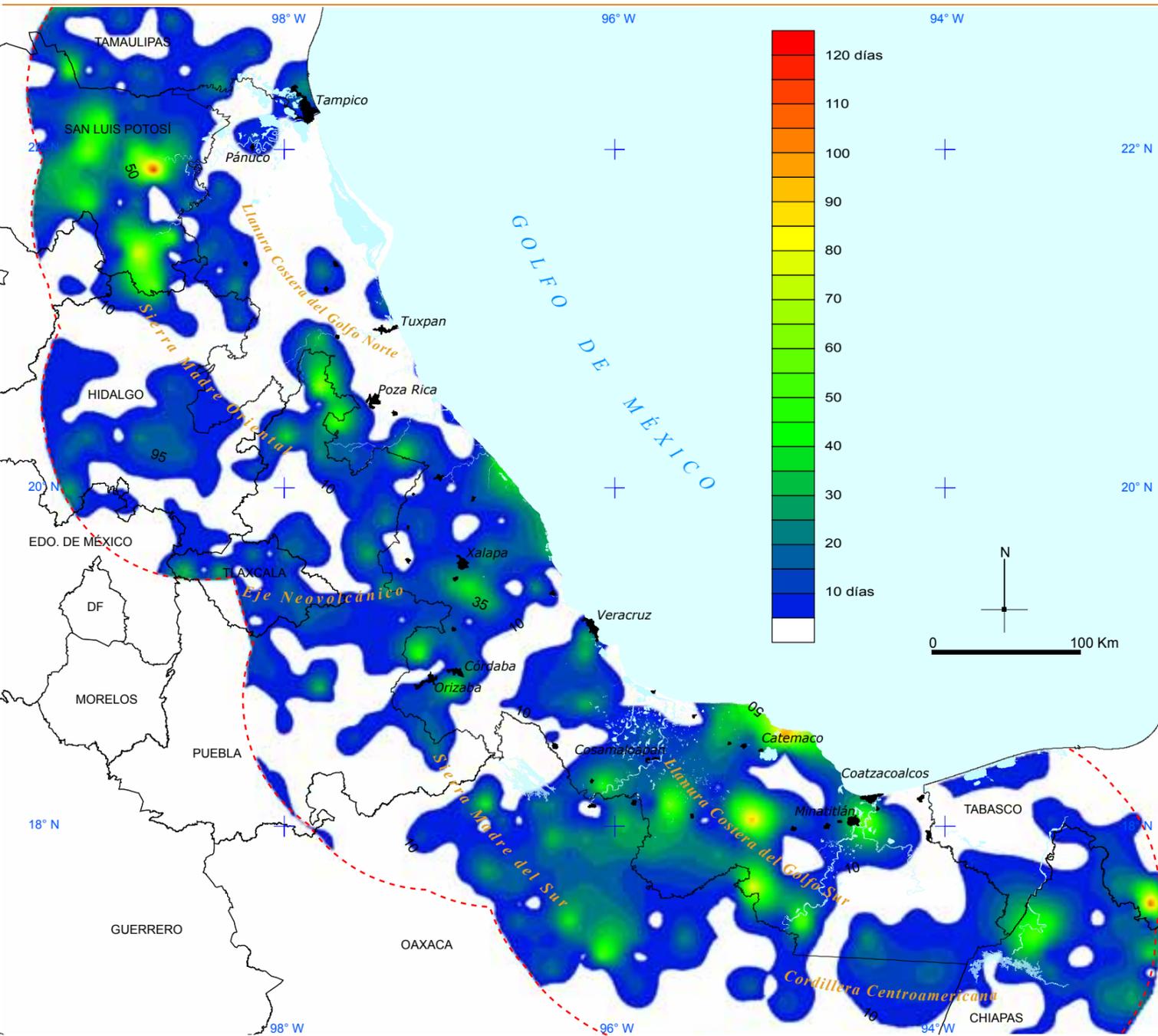
MAPA 7. DÍAS AL AÑO CON GRANIZO 1976-2005



MAPA 8. DÍAS AL AÑO CON NIEBLA 1976-2005



MAPA 9. DÍAS AL AÑO CON TORMENTA ELÉCTRICA 1976-2005



## VARIABILIDAD Y CAMBIOS DEL CLIMA EN VERACRUZ

El bosquejo presentado hasta ahora no debe ser estático; hay variaciones y cambios que deben quedar manifiestos en este capítulo.

La variabilidad climática se presenta en un amplio espectro de escalas desde la estacional hasta la de milenios, y se han encontrado trabajos de investigación en todas ellas. La lluvia, siendo de vital importancia para la subsistencia de la sociedad y sus entornos, es objeto frecuente de análisis en esas escalas de tiempo.

A partir de los trabajos clásicos de Mosiño (1958, 1959, 1964), Mosiño y García (1966, 1973), y el más reciente de García (2003), sobre el ciclo anual de la precipitación y sus causas sobre México, se sabe que 1) la lluvia invernal sobre el territorio veracruzano tiene origen en los frentes fríos que incursionan desde las latitudes medias, que al interactuar con la humedad del Golfo de México y la Sierra Madre Oriental producen vientos violentos del norte, lloviznas y descenso de la temperatura generalizados; 2) las lluvias convectivas durante el verano tienen su origen en el calentamiento superficial diurno y la humedad transportada por los vientos alisios desde el Golfo; 3) las ondas del este, las tormentas tropicales y los huracanes ocasionan lluvias intensas en el territorio veracruzano desde junio a noviembre; 4) el sur y sureste mexicanos presentan un mínimo de lluvia durante el verano, conocido como la sequía interestival o canícula, y, aunque no corresponde con una sequía, limita la disponibilidad del agua para el buen funcionamiento de las comunidades; ésta generalmente ocurre en agosto para el estado.

La sequía interestival o canícula, desde su evaluación inicial por Mosiño y García (1966), no había recibido gran atención para explicar su existencia en la climatología regional sino hasta años recientes. Los trabajos de Magaña *et al.* (1999) y de Small *et al.* (2007) representan ideas encontradas respecto al origen y mantenimiento del mínimo en la lluvia a mitad del verano; mientras que en la hipótesis de Magaña *et al.* (1999) la interacción entre las temperaturas de la superficie del océano y la nubosidad en el Pacífico oriental ocupan un lugar preponderante, la hipótesis de Small *et al.* (2007) descansa sobre la retroalimentación entre los vientos alisios del noreste y la subsidencia/divergencia a niveles bajos asociadas a ellos.

A pesar de que los ciclones tropicales impactan Veracruz desde el Golfo de México, el Caribe y el Atlántico, el estado presenta la incidencia más baja de éstos de todos los litorales del país (Jáuregui y Zítácuaro 1995); una característica de las tormentas y ciclones tropicales que impactan las costas veracruzanas es que éstos se desvían hacia el suroeste cuando interactúan con la Sierra Madre Oriental (Zehnder 1993).

Se sabe que la oscilación de Madden-Julian, o MJO, por sus siglas en inglés, es un modo de variabilidad interestacional que influye sobre la lluvia en diversas partes de los trópicos (e.g. Madden y Julian 1994; Jones *et al.*, 2004); la MJO interrelaciona variaciones tanto en el viento y la temperatura de la superficie del océano como en la nubosidad y la lluvia. Barlow y Salstein (2006) muestran que la MJO es capaz de aumentar la lluvia diaria al menos un 25% más en su fase positiva que en la negativa, y este valor se incrementa hasta un 45% sobre el estado de Veracruz y la región del Golfo de México durante los meses de julio a septiembre.

### Interanual a decadal

El principal problema en estudios de variabilidad climática a estas escalas es la falta de datos continuos y confiables. Precisamente, Vázquez Aguirre (2007) genera un conjunto de datos de precipitación sobre una rejilla regular a nivel nacional y a escalas temporales que van de las diarias hasta las mensuales para estudiar la variabilidad de la precipitación en el país. Aunque no se menciona, se puede ver que la lluvia en el territorio veracruzano experimenta variabilidad a escalas interanuales y decenales tanto en el invierno como en el verano. Otro hecho interesante es la evidente tendencia negativa a escala mensual y estacional durante el verano en la región.

Consecuencia de la variabilidad de la lluvia a estas escalas es la incidencia de periodos tanto de exceso como de déficit de lluvia. Lluvias por debajo de lo normal pueden causar tanto sequías meteorológicas como agrícolas e hidrológicas con grandes impactos en la agricultura regional. De hecho las sequías pueden llegar a tener una escala continental y una duración de hasta varios años. Aunque las sequías en México no han sido estudiadas extensivamente, Hernández Cerda (1994) en un análisis de anomalías anuales de precipitación (con respecto a la moda y no a la media) presenta una carta

de sequía meteorológica por frecuencia de años muy secos y extremadamente secos para el territorio nacional durante el período 1921-1980. De dicho estudio se deduce que durante ese período la mayoría del territorio veracruzano presenta sequías en entre el 10 y 15 % de los años, excepto la porción sur que tiene sequías en entre 5 y 10% de los años.

A escalas de décadas, el trabajo de Jáuregui (1997) apunta a un incremento de los vientos máximos del norte en la década de los sesenta, sugiriendo una mayor presencia de las invasiones de aire polar en dicho periodo en la vertiente del Golfo de México y, en consecuencia, la ocurrencia de temperaturas invernales anormalmente bajas.

### Siglos a milenios

A escalas de tiempo de siglos a milenios, se sabe de episodios como las glaciaciones que ha experimentado el planeta. Estas glaciaciones se relacionan con variaciones periódicas de la órbita de la Tierra alrededor del Sol que reducen la cantidad de radiación solar que llega al planeta (e.g. Adem, 1981); dichas variaciones se deben al movimiento de precesión del eje de rotación del planeta, a cambios en la inclinación angular del eje de rotación respecto a la perpendicular de la órbita del planeta (u oblicuidad), y al cambio de la excentricidad de la órbita del Planeta. Sin embargo, las causas de la Pequeña Edad de Hielo, o LIA por sus siglas en inglés, no son tan claras (e.g. Bond *et al.*, 1997). Esta LIA se extendió entre los años de 1400 y 1850 y fue el último periodo de frío intenso de varios eventos a escalas de centurias a milenios del Holoceno, cuya región fuente fue el Atlántico Norte. Específicamente, la LIA tuvo un impacto en la duración de la época seca sobre la Sierra de Los Tuxtlas, la cual fue acortada debido al aumento de las lluvias invernales (Lozano-García *et al.*, 2007). A su vez, el aumento de lluvias modificó el ecosistema de la región al favorecer las condiciones para la expansión de la vegetación.

### Caso de estudio: Inundaciones 2005

Durante el verano del 2005 se presentaron en el estado de Veracruz lluvias intensas que provocaron que la media mensual se rebasara en tan sólo 24 horas en varias localidades del estado. Dichas lluvias provocaron inundaciones y afectaciones en los distintos puntos del mismo y son analizadas desde el aspecto social hasta el meteorológico (Tejeda Martínez *et al.*, 2007). Eventos en la zona de Tecolutla semejantes a los ocurridos

durante el año de 1999 deberían ser puestos en contexto de la variabilidad climática en estudios futuros. Casos de estudio y análisis retrospectivos de anomalías ayudarían a un mejor entendimiento de la variabilidad climática regional.

### Teleconexiones

Las teleconexiones o patrones de teleconexión pueden durar varias semanas, meses o inclusive hasta años, reflejando así la variabilidad climática interanual o interdecenal de la atmósfera. Algunos de esos patrones o modos de variabilidad pueden abarcar las cuencas oceánicas enteras y los continentes, y por su estructura pueden influir en el tiempo y clima sobre el territorio nacional. Tres modos de variabilidad destacan en la literatura: El Niño/Oscilación del Sur, la Oscilación Decenal del Pacífico y la Oscilación Multidecenal del Atlántico, respectivamente conocidos, por sus siglas en inglés, como ENSO, PDA, y AMO.

#### ENSO

El Niño/Oscilación del Sur, ENSO, se monitorea siguiendo las inestabilidades del sistema atmósfera-océano sobre el Pacífico ecuatorial (e.g. Rasmussen, 1985; Trenberth, 1997). Durante la fase cálida del fenómeno, o El Niño, el Pacífico ecuatorial central presenta anomalías positivas en la temperatura de la superficie del océano. La consecuencia de tal calentamiento es la disrupción del tiempo, no sólo en la zona de las anomalías sino sobre las áreas continentales también: lluvias intensas se presentan en las regiones donde climáticamente no llueve mucho, y la lluvia escasea sobre áreas donde climáticamente la lluvia cae en abundancia (e.g. Ropelewski y Halpert 1987, 1989, 1996). En la fase fría de ENSO, o La Niña, los patrones anómalos del tiempo se invierten nuevamente. ENSO es una oscilación irregular que tarda de 3 a 7 años para pasar de un evento cálido a uno frío, y viceversa, si bien no siempre un evento cálido es seguido por otro frío.

Aunque en las pasadas dos décadas varios trabajos han analizado los efectos de ENSO sobre el clima de México (e.g. Cavazos y Hastenrath, 1990; Magaña, 1999; Magaña *et al.*, 2003; Mendoza *et al.*, 2006), muy poco se ha hecho específicamente sobre el estado de Veracruz. Uno de esos pocos trabajos es el de Pereyra Díaz *et al.* (1994), que analiza el efecto que tiene ENSO sobre la sequía interestival, encontrando que el déficit de lluvia es menor o desaparece en años de El Niño para casi todo el estado, excepto para la región montañosa del centro. A pesar del posible aumento anómalo

de la lluvia durante el mes de la canícula durante años de El Niño, Pereyra Díaz y Sánchez (1995) encuentran que El Niño es capaz de inducir sequías multianuales sobre el territorio veracruzano. En esta misma línea, Jáuregui y Zitácuaro (1995) hacen notar que, durante años de El Niño, la disminución de la actividad ciclónica en el Atlántico tropical y Golfo de México inciden en la disminución del número de ciclones que afectan a Veracruz.

El impacto de ENSO sobre territorio mexicano ha sido evaluado recientemente por Magaña *et al.* (2003) y Vázquez (2007), quienes han encontrado que durante inviernos en periodos de El Niño se observan más lluvias en el norte y centro del país, inclusive en la península de Yucatán, pero disminuyen a lo largo del territorio veracruzano; en inviernos, bajo periodos de La Niña, la precipitación disminuye en las mismas zonas del país respecto a las observadas bajo condiciones de El Niño, pero sólo en la mitad sur del territorio veracruzano, donde se observa un aumento en la precipitación invernal, en contraste con la mitad norte, donde la precipitación decrece. Otro aspecto importante del clima invernal es la presencia de nortes, que se incrementan durante episodios de El Niño más que en los de La Niña; el aumento en los nortes acarrea un descenso de la temperatura en la región, al aumentar la incursión de masas de aire polar.

En periodos de El Niño, durante el verano, las condiciones conllevan a severas sequías en la mayor parte del territorio mexicano, exceptuando las penínsulas, mientras que en los veranos bajo condiciones de La Niña la lluvia regresa a su esquema normal o incluso lluvias por arriba de lo normal en la mayor parte del país. El territorio veracruzano es uno de los más afectados por el déficit de lluvias durante eventos de El Niño, y aunque la situación mejora en los veranos de La Niña, la lluvia se presenta por debajo de lo normal, particularmente en el centro del estado. La sequía que se observa durante El Niño está asociada a mecanismos tales como una subsidencia reforzada por causa de un desplazamiento hacia el sur de la Zona Intertropical de Convergencia y un menor número de ciclones tropicales en los mares intra-americanos, como muestran Jáuregui y Zitácuaro (1995).

Resultados similares los obtienen Miranda *et al.* (2007), quienes encuentran también, para el territorio veracruzano, una disminución de precipitación anual bajo condiciones de El Niño, principalmente en el norte y centro del estado. Mientras tanto, condiciones de La Niña traen consigo precipita-

ciones normales e incluso por encima de ella en todo el territorio veracruzano, más aún en el sur del estado, en aparente contradicción con los resultados de Magaña *et al.* (2003); dicha aparente contradicción se debe, probablemente, al uso de datos anuales en vez de estacionales en el estudio de Miranda *et al.* (2007).

La agricultura en el estado de Veracruz depende en gran medida de condiciones climáticas óptimas, que como se mencionó arriba, pueden ser perturbadas por fenómenos como ENSO. Afectaciones a la agricultura de la región debido a ENSO no sólo se asocian al exceso o déficit de lluvia sino también a la presencia de eventos tales como heladas y granizadas durante fases críticas del desarrollo de los cultivos. Tales asociaciones entre ENSO y heladas y granizadas con impacto en el cultivo del maíz han sido identificadas por Contreras Hernández (2003).

#### PDO

La Oscilación Decenal del Pacífico, PDO, es un modo de variabilidad del clima en el Pacífico de las latitudes medias con características espaciales similares a las de ENSO pero con una escala temporal de décadas (Mantua *et al.*, 1997). Sus fases frías y cálidas duran del orden de 20 a 30 años, con anomalías importantes en el sector del Pacífico Norte y Norteamérica, y anomalías secundarias en los trópicos. Las fases frías y cálidas de dicha oscilación afectan el clima sobre Norteamérica no sólo en invierno sino en verano también (Nigam *et al.*, 1999; Barlow *et al.*, 2001) y de manera distinta a los efectos de ENSO.

La modulación del clima por la PDO sobre el territorio mexicano, y en especial sobre Veracruz, no es clara. En el análisis de variabilidad de la precipitación hecho por Vázquez Aguirre (2007) se sugiere a la PDO como un posible modulador de la precipitación sobre México pero no se presenta tal evidencia. Sin embargo, en el trabajo de Pavia *et al.* (2006) el papel que juega la PDO, cuando se superpone a eventos de ENSO, es un tanto más claro. En general se observa que aunque El Niño favorece condiciones de lluvias por arriba de lo normal en los veranos, cuando la PDO está en su fase fría ocurre un déficit de lluvias en la parte central del territorio veracruzano. Por otro lado, las lluvias se incrementan en esa misma región en el invierno si la PDO está en su fase cálida. Las temperaturas veraniegas se incrementan por arriba de lo normal durante episodios de El Niño bajo la fase cálida de la PDO.

### AMO

La Oscilación Multidecenal del Atlántico, AMO por sus siglas en inglés, es una oscilación de la temperatura de la superficie del océano Atlántico a escala de décadas que influye el clima de la región afectando tanto a Europa, como a África y Norteamérica. Esta oscilación se define a partir de las temperaturas superficiales del Atlántico Norte después de haber eliminado cualquier tendencia lineal (e.g. Kerr, 2000; Enfield *et al.*, 2001). Esta oscilación se relaciona con anomalías en la lluvia en varias partes del Globo, incluyendo sequías sobre Norteamérica y frecuencia de huracanes (e.g. Knight *et al.*, 2006; Zhang y Delworth, 2006).

En el análisis realizado por Vázquez Aguirre (2007) se sugiere que la AMO tiene un efecto sobre la lluvia del verano en el país. En particular, la fase positiva de la AMO se relacionaría con anomalías positivas de la lluvia sobre el territorio veracruzano, tanto a escala mensual como estacional, siendo el mayor impacto sobre la parte central del estado. Dada la relación que tiene la AMO con la frecuencia de huracanes sobre el Caribe, sería benéfico analizar esta relación y su impacto sobre el territorio veracruzano.

### CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO

Existe el consenso científico de que el calentamiento global es consecuencia de la acción del hombre por su continuada emisión de gases de efecto de invernadero hacia la atmósfera (IPCC, 2007). Ante esta circunstancia, el clima durante el presente siglo a escala global se verá alterado y con él, los distintos ecosistemas. Indudablemente, las respuestas de los ecosistemas y de las comunidades dependientes de ellos serán de vital importancia para su supervivencia ante el eventual cambio climático, que a pesar de ser global en su alcance, tendrá características regionales.

Las respuestas de una sociedad ante esos cambios han de partir de estudios de impacto ante los posibles escenarios de cambio climático. De especial interés para el estado de Veracruz son las modificaciones del ciclo hidrológico y su impacto en la agricultura y ganadería, así como en sus recursos forestales, control de inundaciones y propagación de enfermedades; igualmente importante es el impacto del ascenso del nivel del mar a lo largo de las zonas costeras, que conlleva pérdidas de zonas habitables y hábitats naturales, así como la intrusión de agua salina por los sistemas ribereños y la contaminación de los mantos acuíferos.

En la década de los noventa y bajo los auspicios del Departamento de Estado de los EU, se inició en México lo que se conoce como Estudio de País, para elaborar investigaciones de impacto ante el cambio climático (e.g. Gay *et al.*, 1994, 1995). De esos estudios destacan los de Ortiz-Pérez (1994) y el de Garduño (1995), quienes apuntan los daños a los recursos naturales y de infraestructura de las costas veracruzanas por un posible aumento del nivel del mar. Similarmente Conde Álvarez y Palma Grayeb (2005) analizan, con proyecciones más recientes emanadas del Tercer Informe de Evaluación (IPCC, 2001), el impacto del ascenso del nivel del mar para tierras veracruzanas y concluyen que existe una situación de vulnerabilidad en el territorio, tanto para la infraestructura de las comunidades como para la agricultura regional.

Cambios regionales de la temperatura, como del ciclo hidrológico, consecuencia de un cambio climático inducido por el hombre, impactarían negativamente tanto en la agricultura como en la propagación de enfermedades infecciosas. Estudios hechos por Conde Álvarez (2003), Palma Grayeb (2005), Conde Álvarez y Palma Grayeb (2007) y Gay *et al.*, (2006) concuerdan en que los cultivos de maíz, caña y café en general se verían afectados negativamente. Asimismo, cambios en la temperatura y lluvia en el estado podrían influir en la incidencia de brotes epidémicos de enfermedades infecciosas, como lo sugiere Ramírez Salvador (2006) en su análisis para la ciudad de Coatzacoalcos.



# 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.



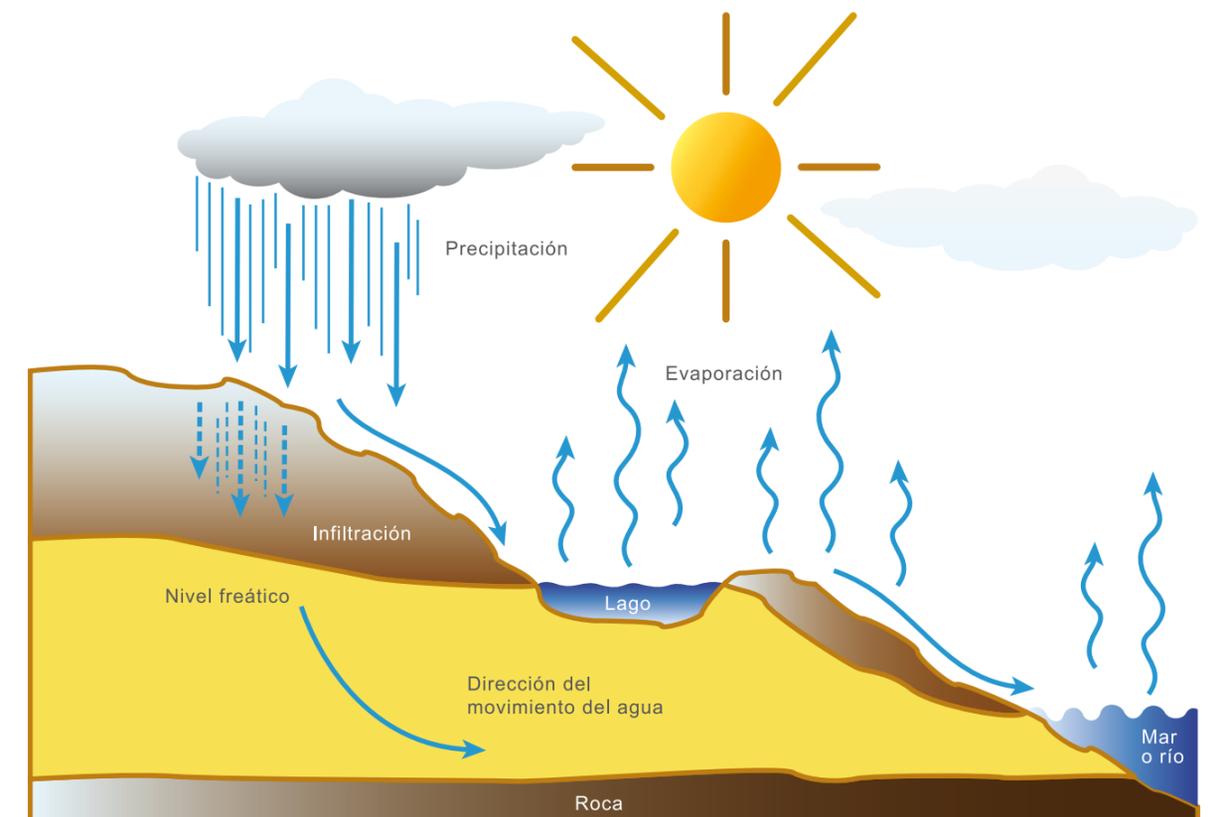
## EL CICLO DEL AGUA

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 Bufa, 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 Tambaón, 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 Tambaón, el río Moctezuma recibe el nombre de río Pánuco y sigue su trayectoria ENE hasta su desembocadura en el Golfo de México.

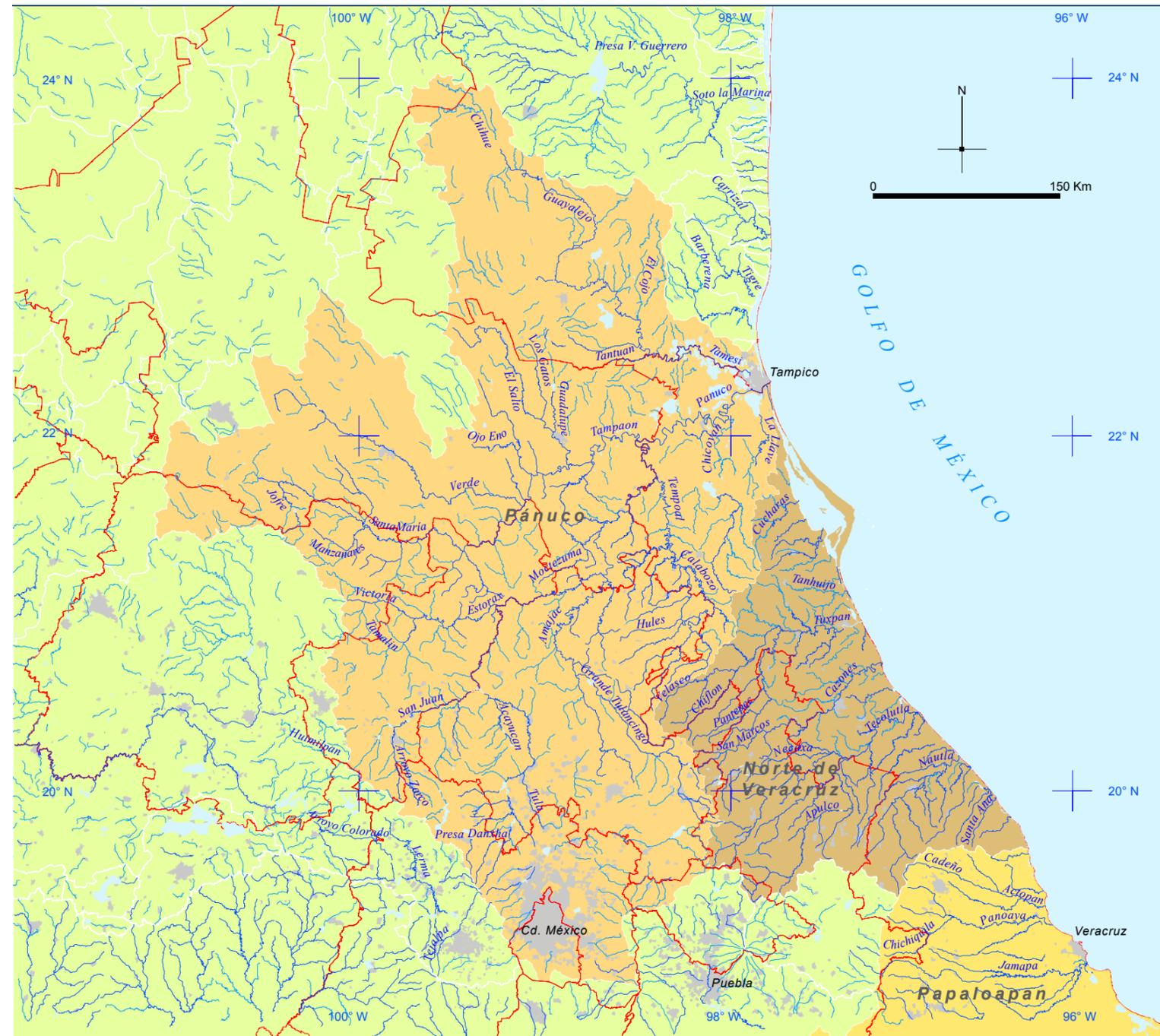
El último tramo del río Pánuco se caracteriza por su pendiente sumamente suave, con numerosos meandros y lagunas marginales de considerable extensión. Estas lagunas son alimentadas principalmente por los escurrimientos del río Pánuco y sirven como vasos reguladores durante las crecientes. Dichas lagunas 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°

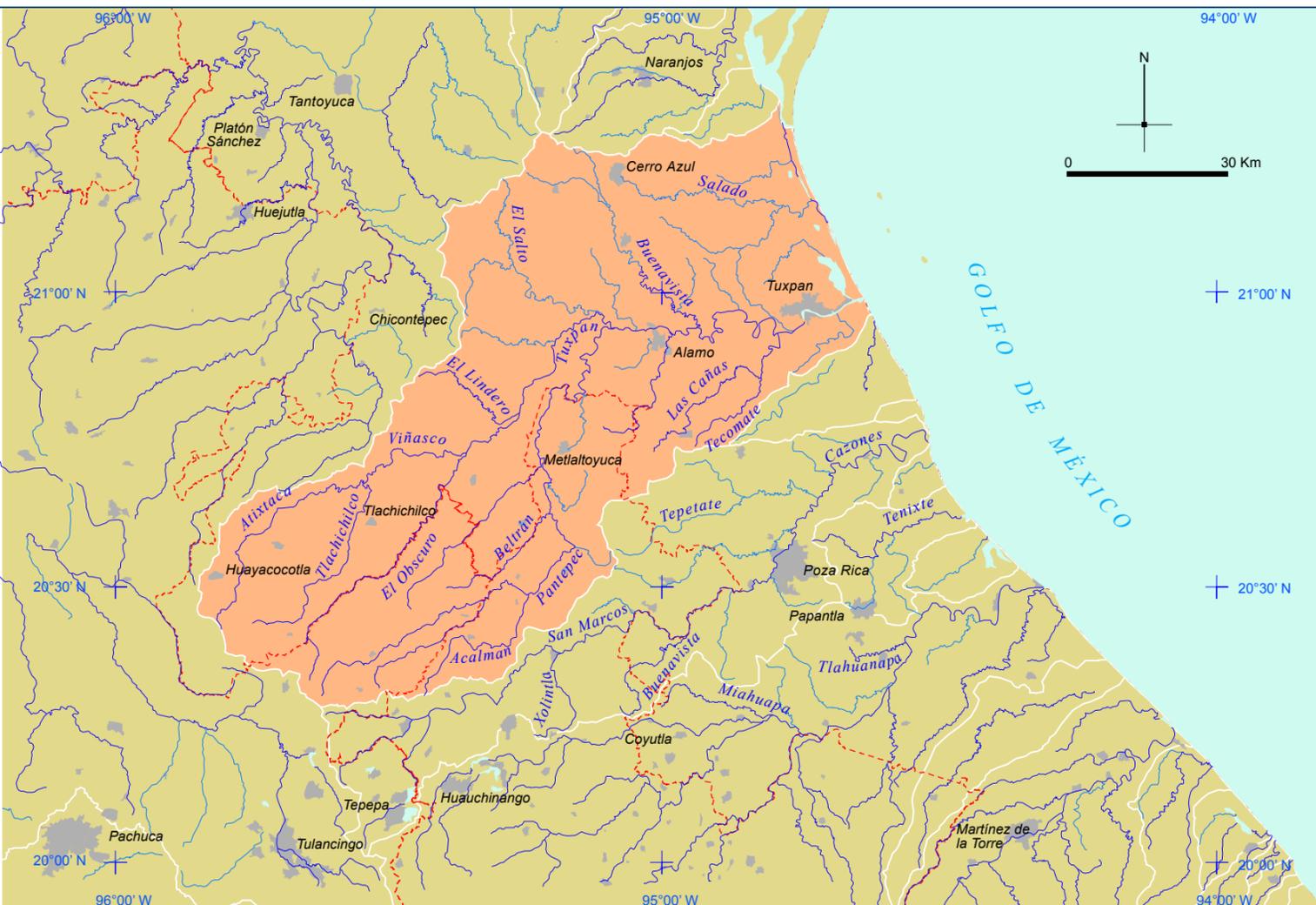
32' longitud oeste (MAPA 3). Tiene un área aproximada de 5,899 km<sup>2</sup>, distribuida entre los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz (Conagua, 2005). Esta corriente nace en el estado de Hidalgo con el nombre de río Pantepec, a una elevación de 2,750 m, al oeste de Tenango de Doria. Se forma con 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 Vinasco, principal afluente del Pantepec. Este río nace en el estado de Veracruz a 550 m de altura con la aporta-

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 Cazones 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 Cazones.

**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

MAPA 3. CUENCA DEL RÍO TUXPAN

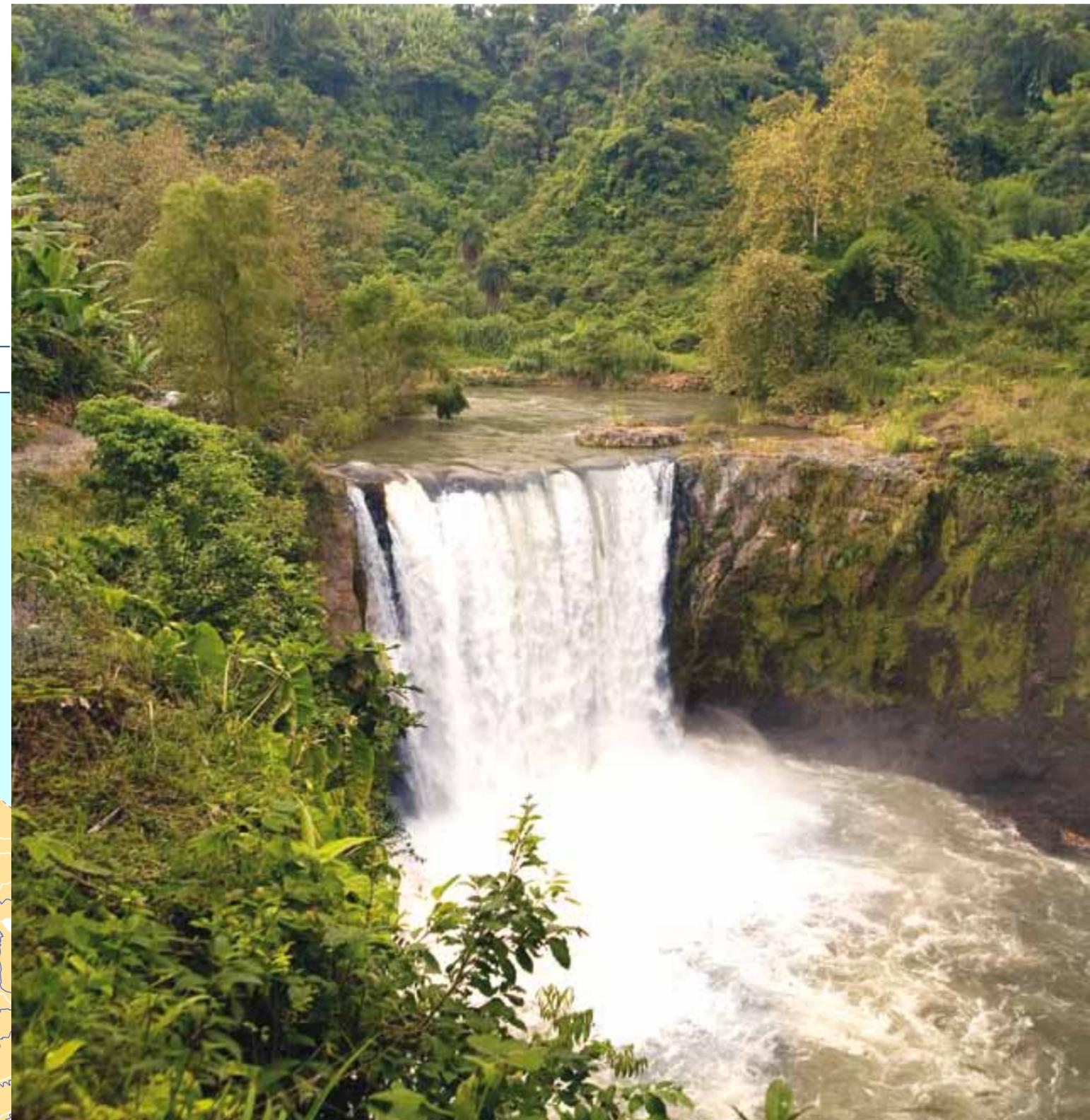




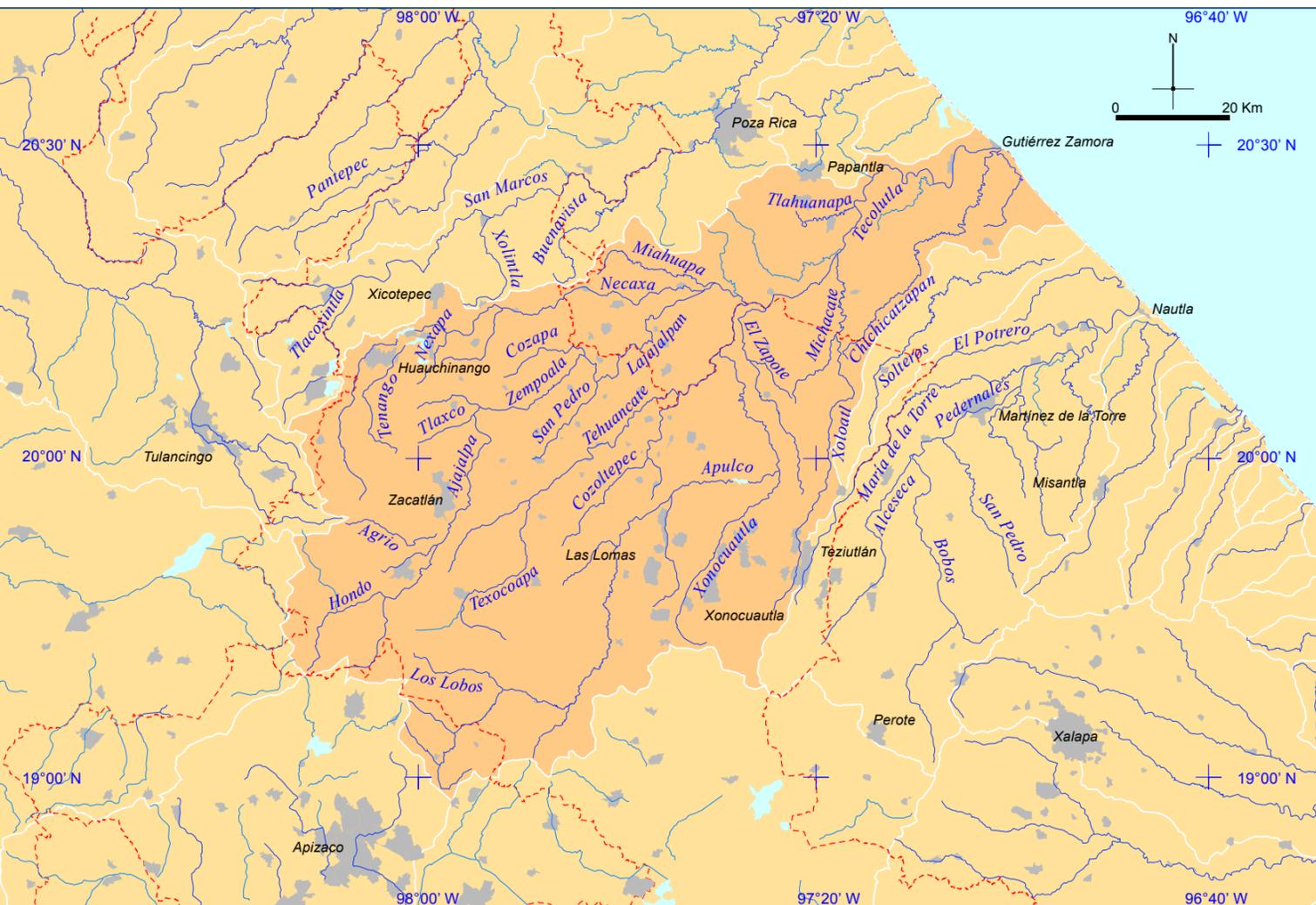
de esta zona a la corriente se le conoce con el nombre de río Tecolutla. En el curso bajo, por su margen derecha, recibe las aportaciones del arroyo Mexonate y río Joloapan. Éste nace con el nombre de río El Encanto al sureste de Mexcalcuahutla, Puebla, a 1,800 m de altitud; aguas abajo se le conoce 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 Chichicatzapa 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



Acatlán, que se ubica al oriente de la población de Huachinango, Puebla. En cuanto a la tercera división, ésta se integra principalmente por las presas Necaxa, Tenango y Nexapa.

**Cuenca del río Nautla**

La cuenca del río Nautla se encuentra situada geográficamente entre los 19° 29' y 20° 15' latitud norte, y entre 96° 46' y 97° 27' longitud oeste (Conagua, 2005). Tiene un área aproximada de 2,376 km², la cual está distribuida en una pequeña porción en el estado de Puebla y la mayor parte en el estado de Veracruz (CFE, 1977). El río Nautla nace en la Sierra Madre Oriental, en el Cofre de Perote, a una altitud

de 4,150 m (MAPA 6). Al inicio se le conoce con el nombre de arroyo Borregos, su curso sigue un rumbo hacia el norte a través de una topografía accidentada; aguas abajo recibe por su margen derecha la aportación del arroyo Las Ánimas. A 2.5 km aguas abajo de la confluencia de este arroyo, concurre por la margen derecha el río Puerco, y 3 km más abajo de esta confluencia se le une por la margen derecha el arroyo El Suspiro, que es una corriente de importancia. Este arroyo tiene su origen en las inmediaciones del Cofre de Perote; sigue su curso hacia el norte y cambia hacia el noreste en la zona del sistema hidroeléctrico Las Minas. Unos 3 km aguas abajo recibe por la margen derecha la

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**

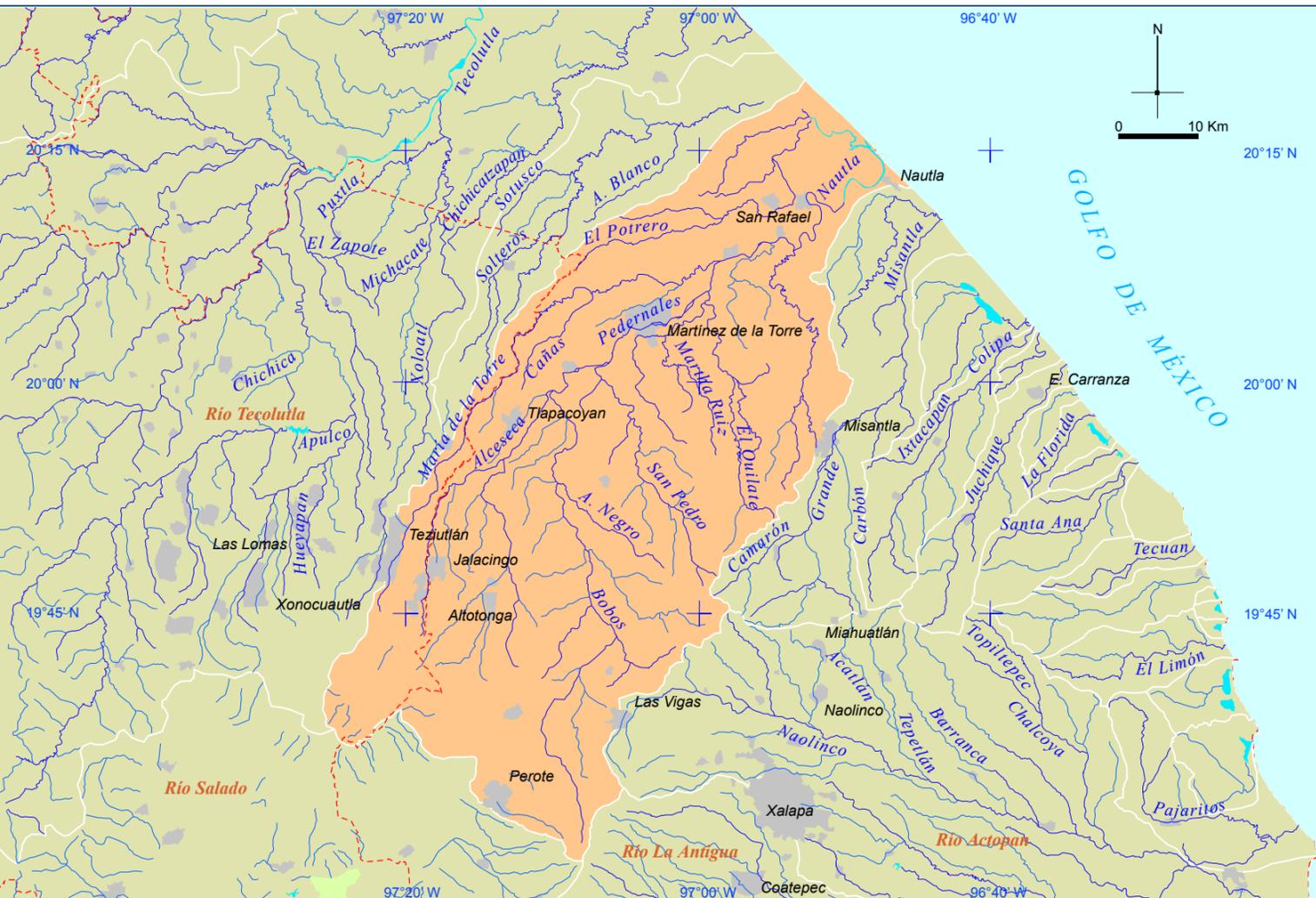
El sistema fluvial determinante para esta región hidrológica es la cuenca del río Papaloapan, y de manera secundaria los ríos Actopan, La Antigua y Jamapa. Ocupa 41.11% del total de la superficie territorial estatal (28,636 km², siendo 39.32% del total de las regiones), así como la mayor descarga de 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 km² que corresponde al 38.69% del total estatal).

**Cuenca del río Actopan**

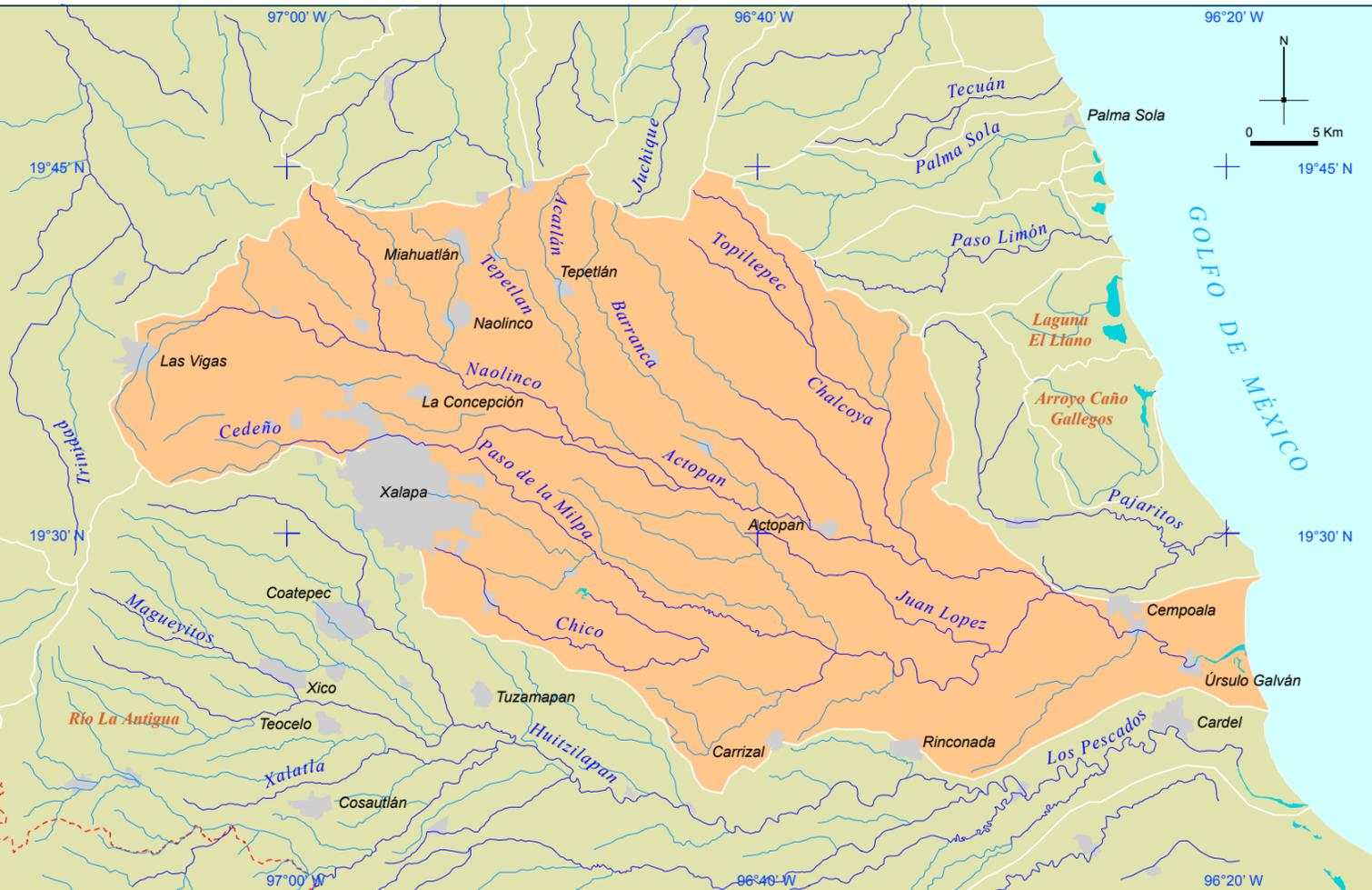
La cuenca del río Actopan se encuentra situada geográficamente entre los 19° 20' y 19° 46' latitud norte, y entre 96° 20' y 97° 08' longitud oeste (MAPA 7). Tiene un área aproximada de 2,000 km², distribuida toda dentro del estado de Veracruz (Conagua, 2005). El río Actopan nace en las faldas del Cofre 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 6. CUENCA DEL RÍO NAUTLA



MAPA 7. CUENCA DEL RÍO ACTOPAN



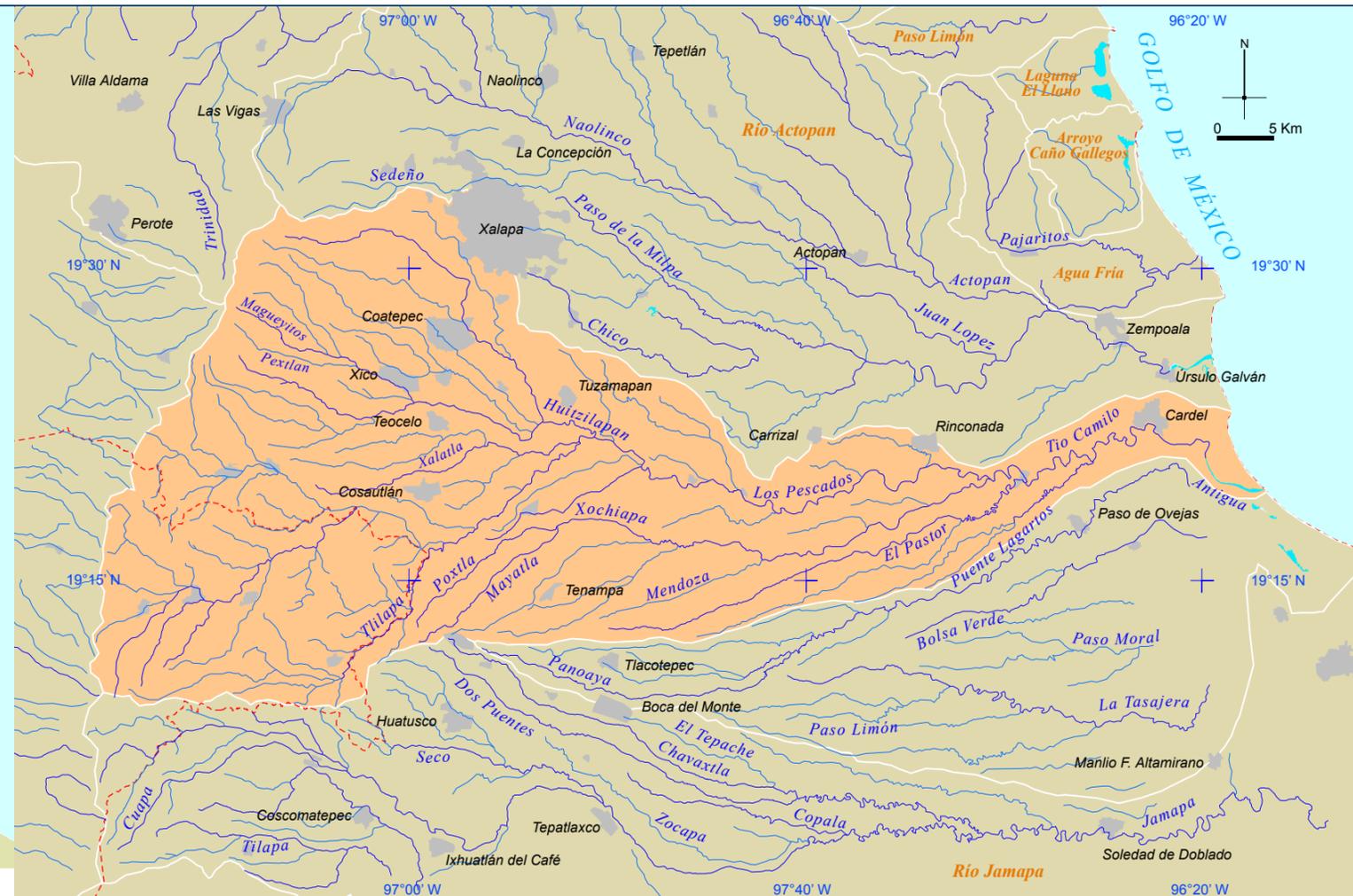
poblado La Concepción, el colector se halla cubierto por lava volcánica y emerge en el lugar denominado El Descabezadero (Rendón, 1989). Aguas abajo del poblado de Actopan afluye por su margen izquierda el arroyo Chalcoya y en el sitio denominado Guajillo se localiza la presa derivadora La Esperanza 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

MAPA 8. CUENCA DEL RÍO LA ANTIGUA



Almolonga, dan un gasto de 510 litros/segundo, que son aprovechados para regar 350 hectáreas. También, en la parte alta, sobre el arroyo Miradores existe un vaso de almacenamiento, conocido como presa Miradores, con capacidad de 1.24 millones de metros cúbicos, cuyas aguas son aprovechadas para regar 150 hectáreas aproximadamente. En la parte baja de la cuenca se aprovechan las aguas del río Actopan, por derivación de la corriente, para regar 10,000 hectáreas que constituyen parte del distrito de riego 035 La Antigua. Finalmente, en la parte alta de la cuenca, sobre el río Naolinco, se encuentra la planta hidroeléctrica que tiene una capacidad instalada de 30 kw, que son aprovechados para el consumo doméstico de algunas familias del poblado de Naolinco, Ver.

#### Cuenca del río La Antigua

La cuenca del río La Antigua se encuentra geográficamente entre los 19° 05' y 19° 34' latitud norte, y entre 96° 06' y 97° 16' longitud oeste (Conagua, 2005). Tiene un área aproximada de 2,827 km<sup>2</sup>, distribuida una pequeña porción en el estado de Puebla y la mayor parte dentro del estado de Veracruz, como se aprecia en el MAPA 8 (CFE, 1977). El río La Antigua nace en la Sierra Madre Oriental, con el nombre de río Resumidero, a una altitud de 3,350 m, al oriente de la población González Ortega del estado de Puebla. Fluye hacia el sureste en terreno montañoso y, a la altura del Rancho Calixtla, varía su rumbo hacia el ENE hasta la confluencia con el río Barranca Grande a 3 km al norte del cerro del mismo

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 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 suroriente 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-

MAPA 9. CUENCA DEL RÍO JAMAPA



grafía media. Después de la afluencia anterior, el colector de afluentes fluye como río Paso de los Gasparines, bordeando cerros y cambiando la trayectoria de su curso, de oriente a suroriente, para continuar a través de 38 km en terreno de topografía accidentada y en parte plana. Al penetrar en la zona plana forma un gran número de meandros, cambiando su nombre a río Jamapa y afluyendo en él, por su margen izquierda, el río Xicuintla, que nace en Tlaltetela, Ver., a 1,450 m de altitud. A partir de esta confluencia, el río Jamapa sigue un curso hacia el oriente, cruza terrenos de cultivo, forma meandros y terrazas aluviales hasta la afluencia, por la margen derecha, del arroyo Ixualco. Este arroyo drena un área de 753 km<sup>2</sup> y se origina como arroyo Montalvo a 5 km al noreste de Paso del Macho, Ver., a 450 m de altitud.

El colector de afluentes, después de la aportación del arroyo Ixualco, pasa por Medellín de Bravo, Ver., 5 km aguas abajo

descarga en el río Cotaxtla, conservando su nombre. A partir de esta confluencia, el río Jamapa fluye con rumbo hacia el norte en terrenos planos cultivados; forma meandros y se desvía hacia el oriente adonde fluye por la margen izquierda y derecha el río Moreno y la Laguna Mandinga Grande, respectivamente; finalmente desemboca en el Golfo de México en la población de Boca del Río, Veracruz. Entre las cuencas de los ríos Jamapa y Papaloapan se sitúa una pequeña cuenca de 62 km<sup>2</sup>, en la que confluyen algunas corrientes costeras de relativa importancia hidrográfica.

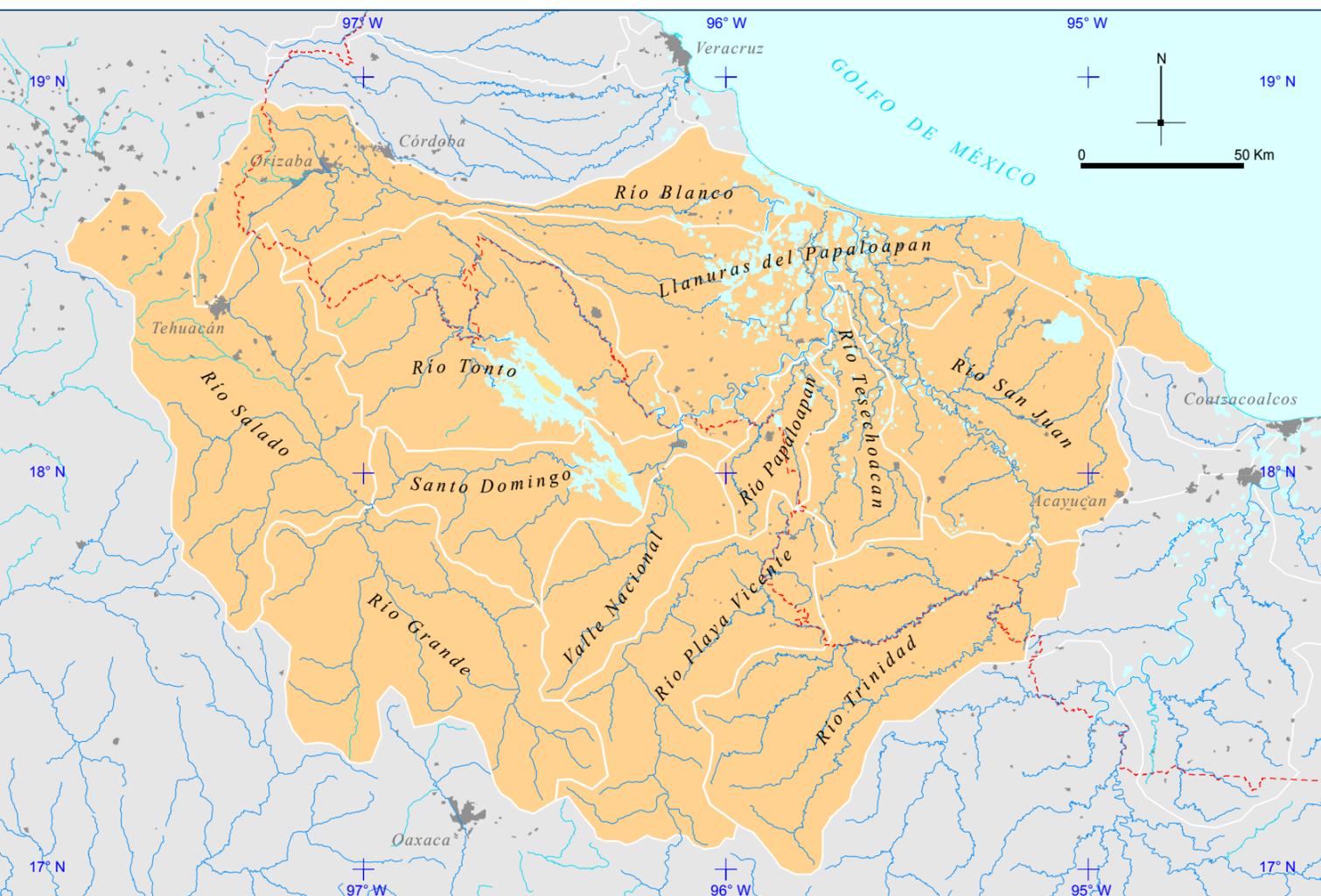
**Aprovechamientos hidráulicos.** En la parte alta de la cuenca, específicamente sobre el río Atoyac, se sitúa la presa derivadora Santa Anita, que abastece el sistema de riego El Potrero. Actualmente existe el acueducto Veracruz-El Tejar, que conduce agua desde el lugar denominado El Tejar, sobre el río Jamapa, a la ciudad de Veracruz para uso doméstico (Islas y Pereyra, 1990).

### 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 zonas río Salado y río Santo Domingo, 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 15. SUBCUENCA DEL RÍO PLAYA VICENTE



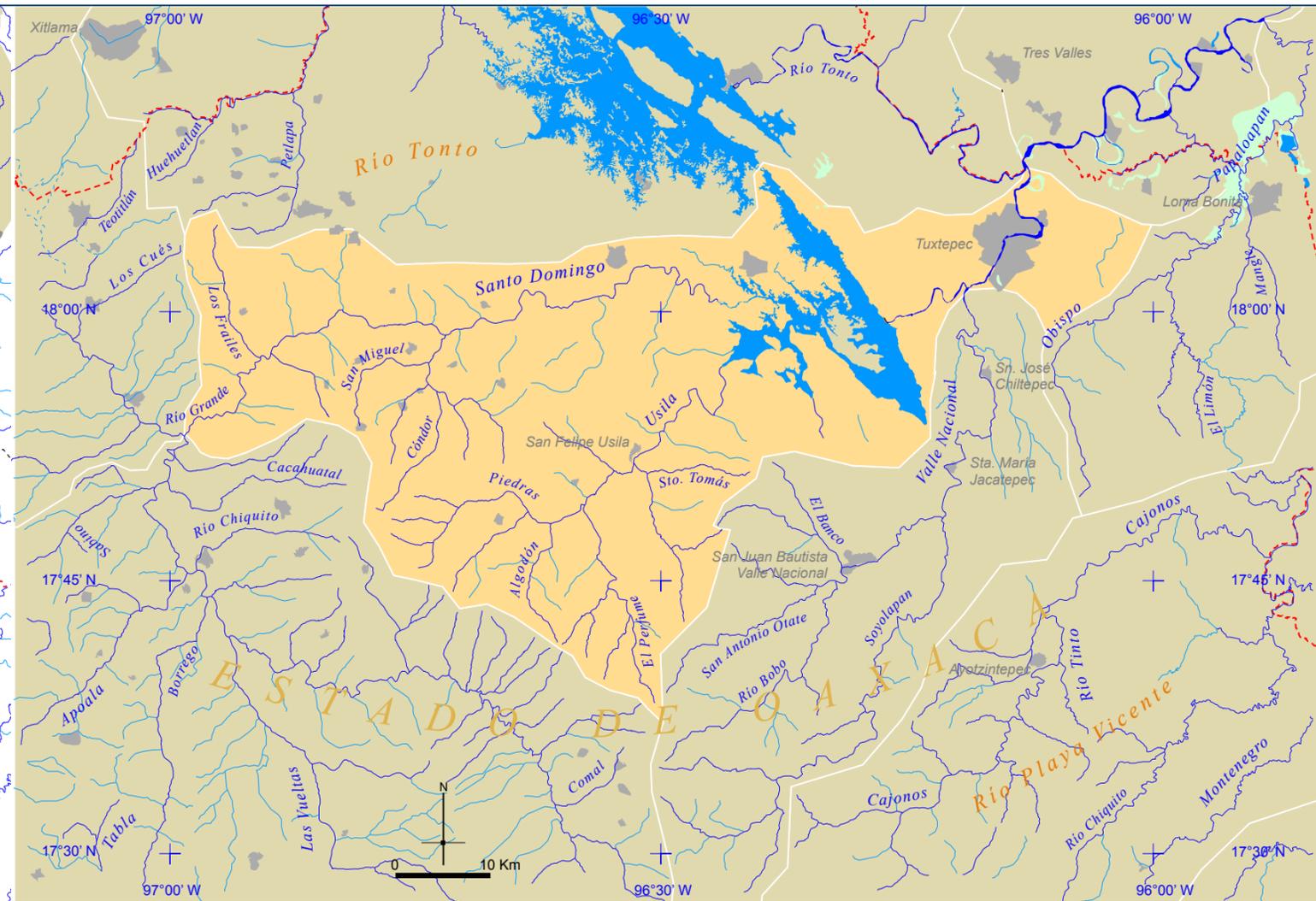
latitud norte y  $95^{\circ} 48'$  y  $95^{\circ} 24'$  longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes zonas hidrológicas: al norte por las zonas Llanuras del Papaloapan y río San Juan, al sur por la zona río Trinidad, al este por la zona río San Juan y al oeste por la zona río Papaloapan (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

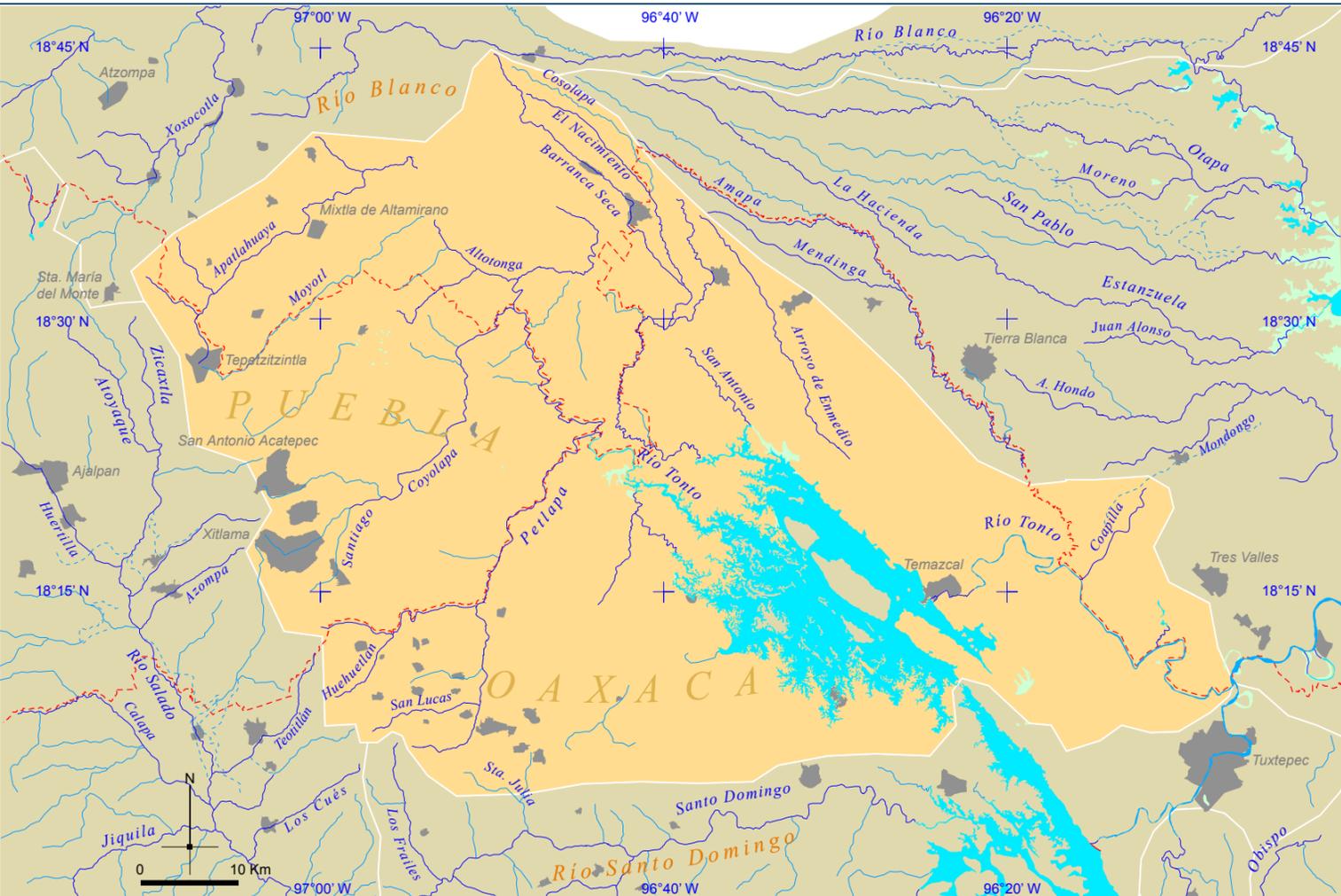
MAPA 16. SUBCUENCA DEL RÍO SANTO DOMINGO



corrientes que descargan en la laguna de Alvarado, considerándose también las pequeñas corrientes que descargan directamente en el Golfo de México; tiene un área drenada de  $4,502 \text{ km}^2$ , y geográficamente se ubica dentro del cuadro de coordenadas  $18^{\circ} 05'$  y  $18^{\circ} 55'$  latitud norte y  $96^{\circ} 42'$  y  $94^{\circ} 39'$  longitud oeste. Se encuentra delimitada por las siguientes regiones y zonas hidrológicas, así como el Golfo de México: al norte por la zona río Blanco y Golfo de México, al sur por las zonas río Tonto, río Papaloapan, río San Juan y río Huazuntlán, que corresponde a la región hidrológica núm. 29 Coatzacoalcos, al este por la región hidrológica núm. 29 y al oeste por la zona río Tonto (MAPA 22).

**Aprovechamientos hidráulicos.** La cuenca del río Papaloapan cuenta con abundantes recursos naturales, tierras propias para la agricultura y ganadería, corrientes que pueden ser aprovechadas para riego y para aprovechamientos hidráulicos, extensos bosques y selvas exuberantes. El subsuelo contiene mantos petrolíferos y en la zona montañosa existe gran variedad de minerales metálicos y no metálicos. Como parte del programa de desarrollo integral de la cuenca del Papaloapan, la Comisión del Papaloapan (26 de febrero de 1947 y 4 de noviembre de 1986) realizó distintas obras, entre las que sobresale la presa Miguel Alemán Valdés (inaugurada en 1958). Esta presa está localizada sobre el río Tonto, en

MAPA 17. SUBCUENCA DEL RÍO TONTO



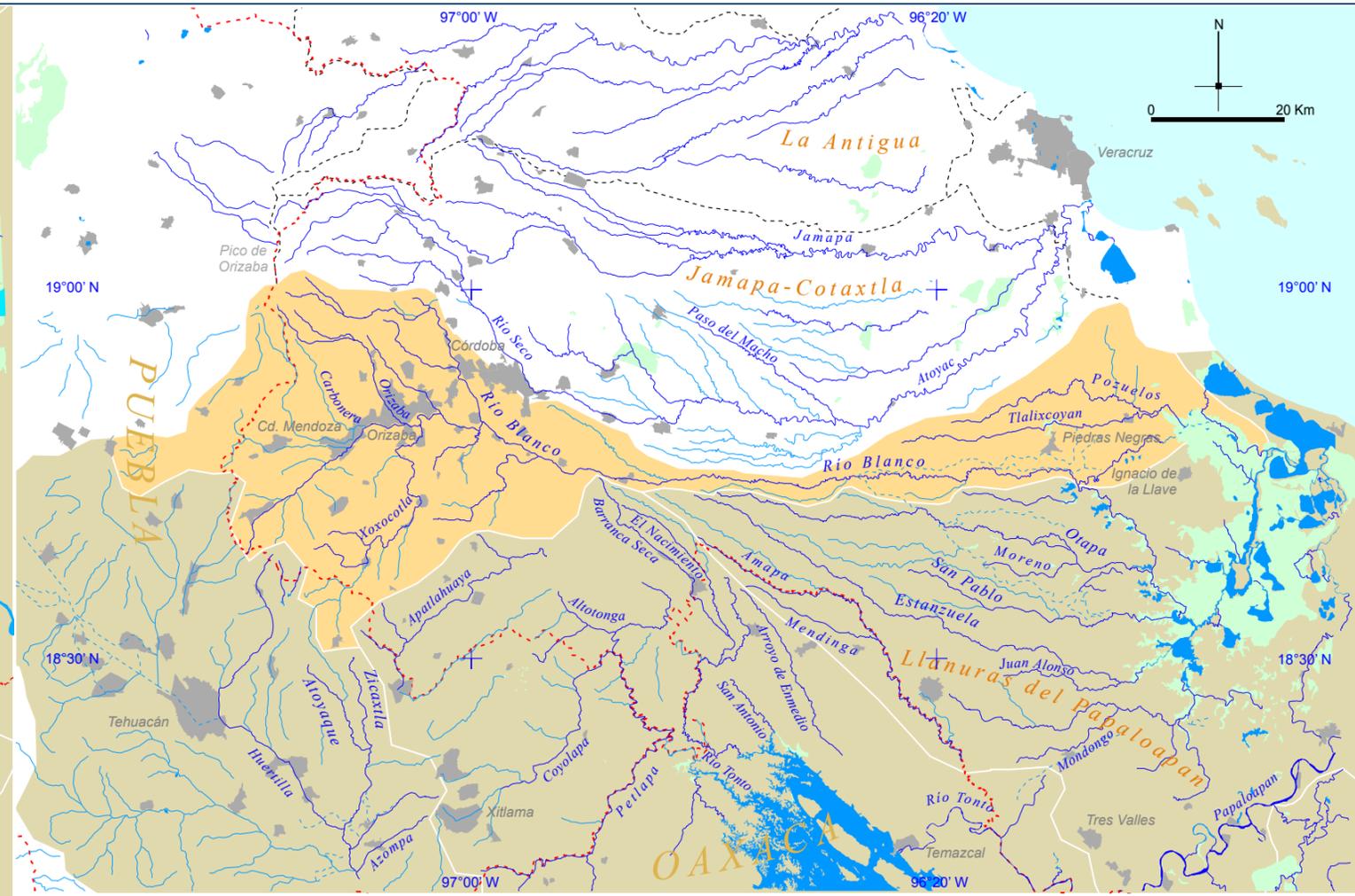
Temascal, Oaxaca; tiene una capacidad de almacenamiento de 8,000 millones de metros cúbicos, siendo la segunda más grande del país después de la presa La Angostura, que tiene una capacidad de 18,000 millones de metros cúbicos, localizada en Chiapas sobre el río Grijalva. La presa Miguel Alemán se construyó 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**

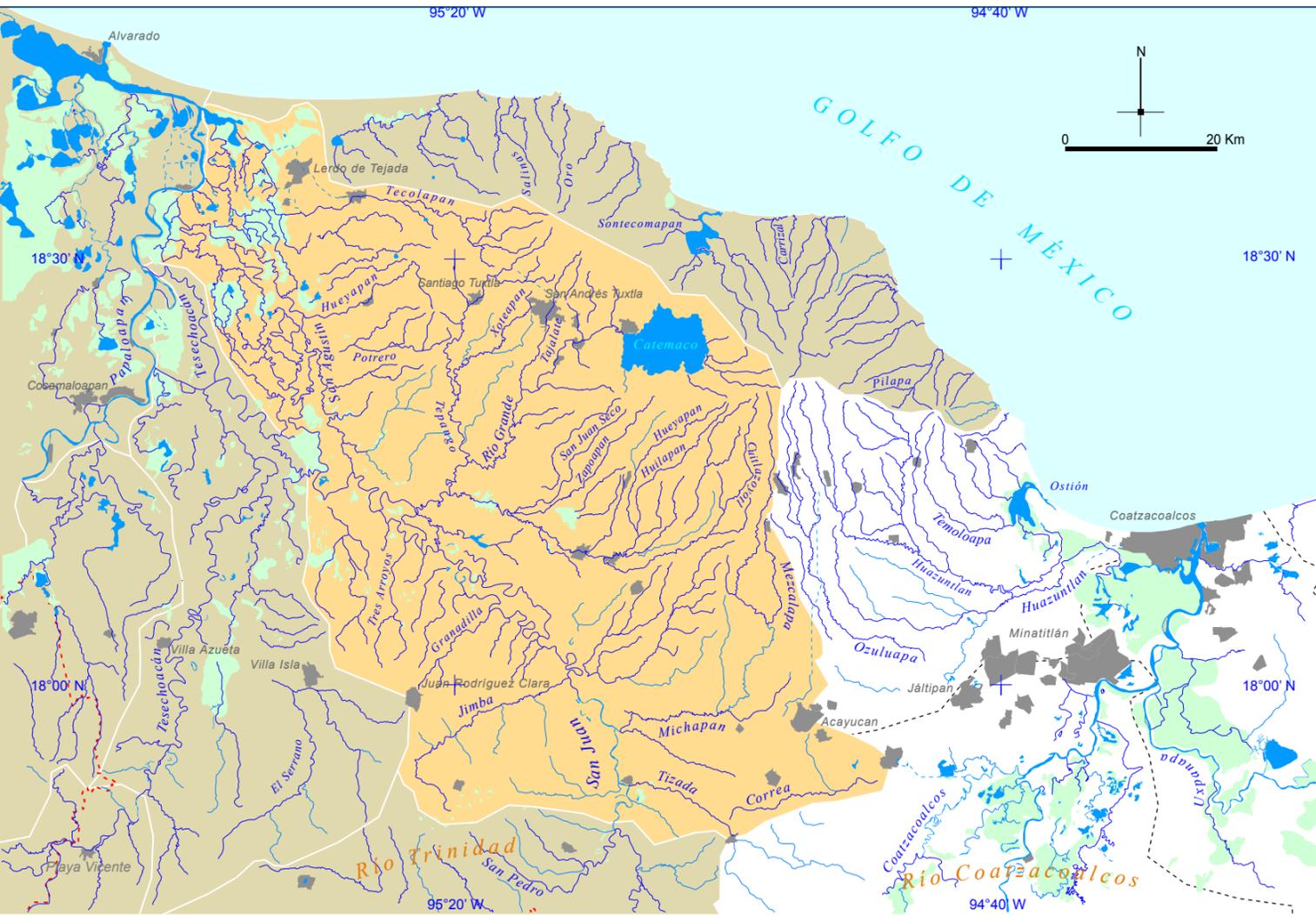
Los principales aportes fluviales a esta región son el río Coatzacoalcos y el sistema lagunar-estuarino de la Laguna del Ostión, pero también desembocan otros cauces. Esta región es la tercera en extensión dentro del territorio vera-

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 19. SUBCUENCA DEL RÍO SAN JUAN

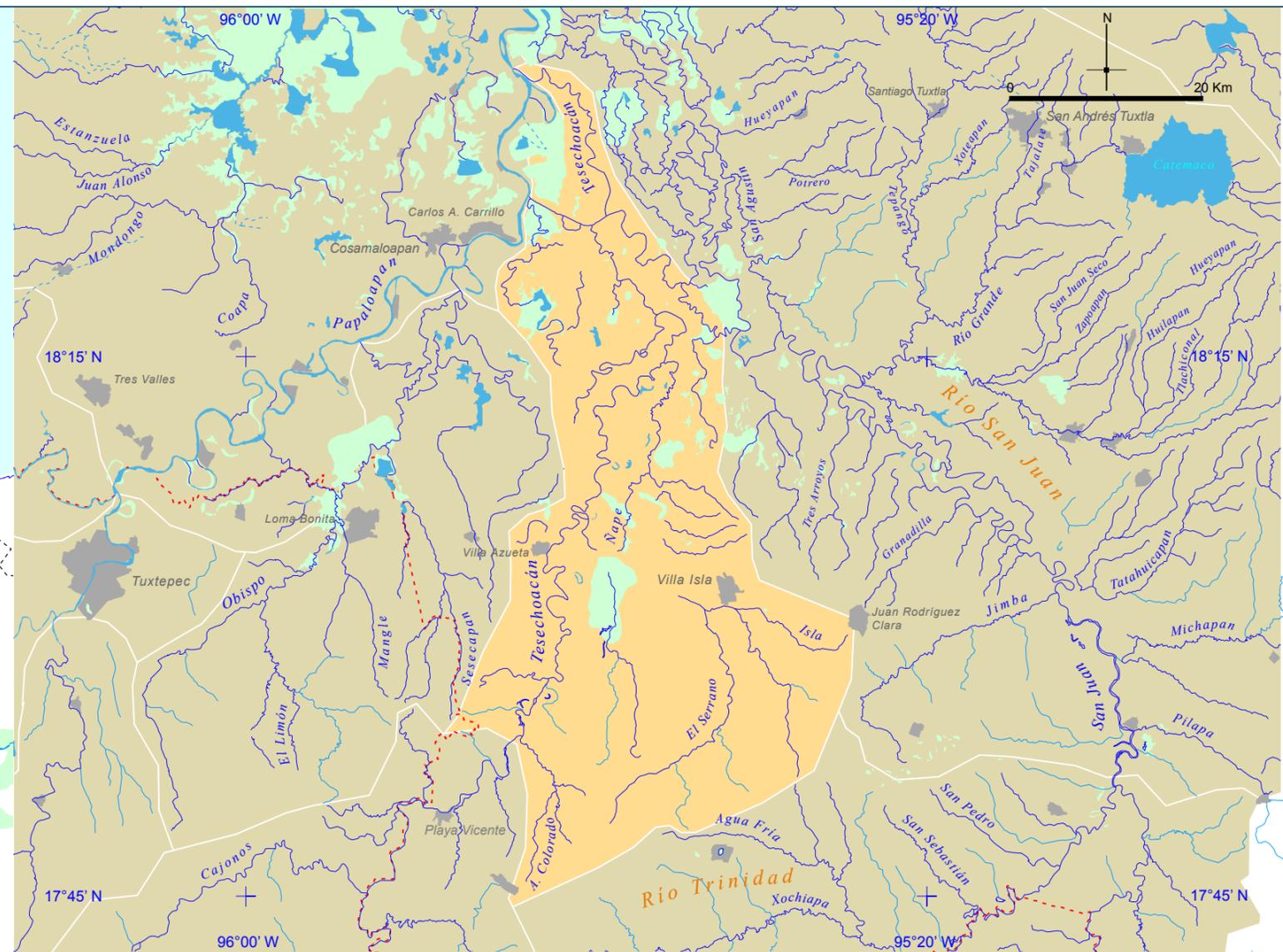


sistema hidrográfico del río Coatzacoalcos es el tercero en importancia del país por su caudal, después de los sistemas Grijalva-Usumacinta y Papaloapan. Este sistema está constituido por importantes afluentes, entre los que destacan los ríos Uxpanapa, Jaltepec, Coachapa y Calzadas. Los primeros nacen en las sierras que delimitan el parteaguas del Istmo de Tehuantepec y el último en la sierra de Los Tuxtlas.

El río Coatzacoalcos nace en el estado de Oaxaca, en la Sierra Atravesada, a una altura de 2,000 m; tras recorrer unos 37 km hacia el noroeste cambia su dirección hacia el oeste y la conserva hasta Sta. María Chimalapa. Aguas

abajo de este poblado continúa hacia el norte a través de un cauce muy sinuoso y a la altura de Suchiapa, Ver., adquiere una dirección NNE que conserva hasta su desembocadura en la Barra de Coatzacoalcos, junto a la ciudad de este nombre. Estos cuatro tramos del río Coatzacoalcos tienen las siguientes características: el primero corresponde a una zona montañosa de topografía muy accidentada donde recibe numerosos afluentes por ambas márgenes; en esa zona poco poblada y comunicada, el río no tiene ningún nombre específico. En el segundo tramo, al colector general se le conoce como río del Corte, en él se atenúan ligeramente las características del tramo anterior.

MAPA 20. SUBCUENCA DEL RÍO TESECHOACÁN

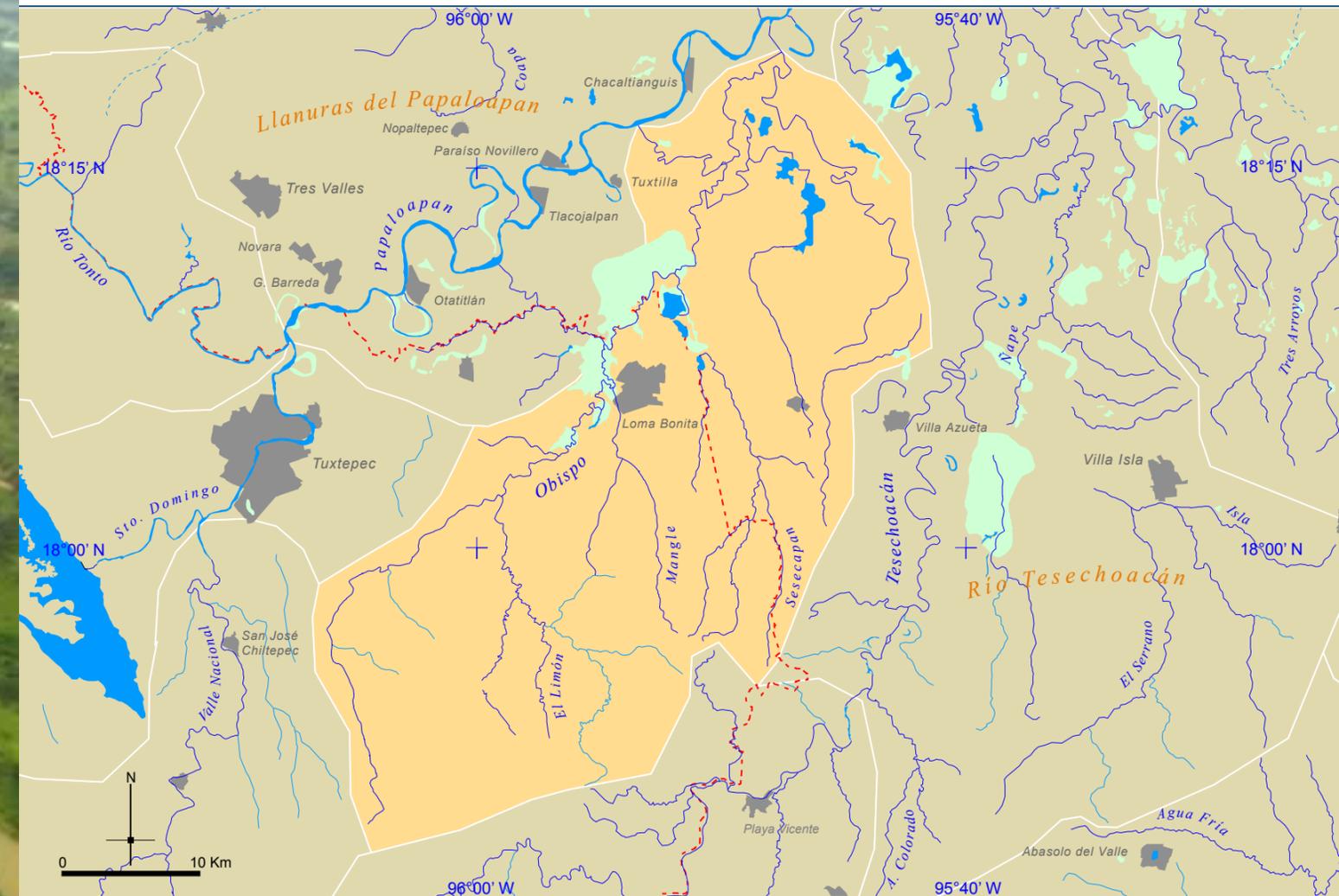


A lo largo del recodo que forma el río Coatzacoalcos, en la transición del segundo y el tercer tramo, cuenta con dos afluentes por el lado izquierdo, que son el río Chichihua y la confluencia de los ríos Almolonga y Malatengo, que en general afluyen de sur a norte en sentido convergente y acaban por 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.



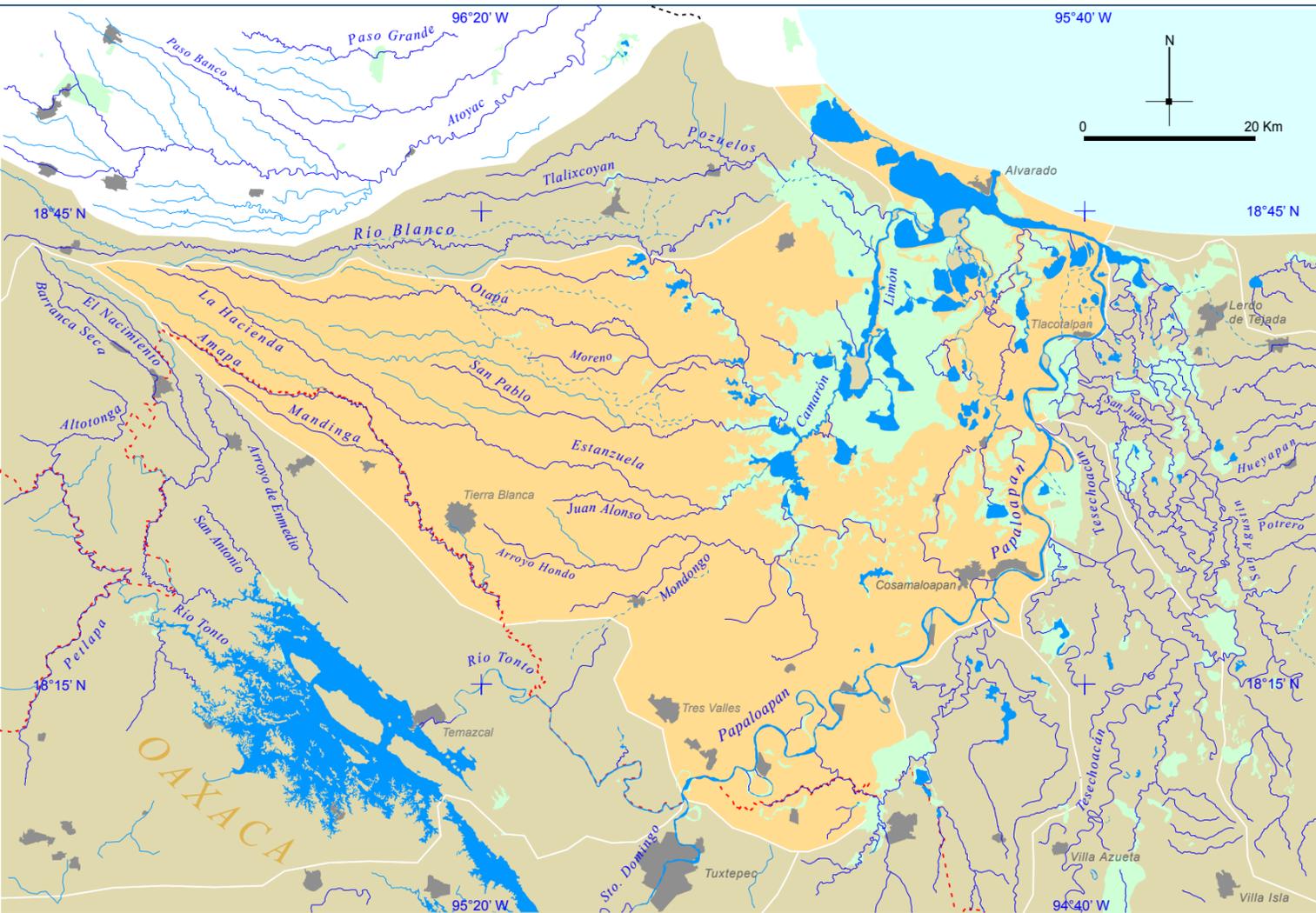
MAPA 21. SUBCUENCA DEL RÍO PAPALOAPAN



El primero es el Solosúchil, que también nace en Oaxaca, fluye hacia el norte recibiendo al río Chalchiapa por su margen izquierda. Otro afluente es el Cuachapa, que nace en el estado de Veracruz, fluye de sur a norte y en su origen se llama río Juanes; se une al río Coatzacoalcos 5 km aguas arriba de la ciudad de Minatitlán. El último afluente importante que recibe por la margen derecha es el Uxpanapan, que se une al cauce principal 5 km aguas abajo de Minatitlán, ciudad que se encuentra a 45 km de su desembocadura. Esta corriente nace en el estado de Oaxaca, fluye en dirección sur a norte y en su curso medio pasa por la ciudad de Nanchital.

Para tener una idea de la magnitud de estos afluentes, cabe mencionar que la longitud del Uxpanapan es de 185 km y el área drenada es de 4,803 km<sup>2</sup>. Por la izquierda, en cambio, los afluentes del Coatzacoalcos son de longitud y área de captación pequeña. Drenan terrenos casi planos de menos de 200 metros de altitud, lo cual hace que los cauces no estén bien definidos. Sólo se menciona una corriente que se origina en la vertiente oriental de la Sierra de San Andrés Tuxtla, con el nombre de río Huazuntlán, a 1,400 m de altitud; fluye en dirección norte a sur y después circula de occidente a oriente con el nombre de río Calzadas, para unirse al Coatzacoalcos por la margen izquierda, 4 km aguas arriba de su desembocadura.

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.

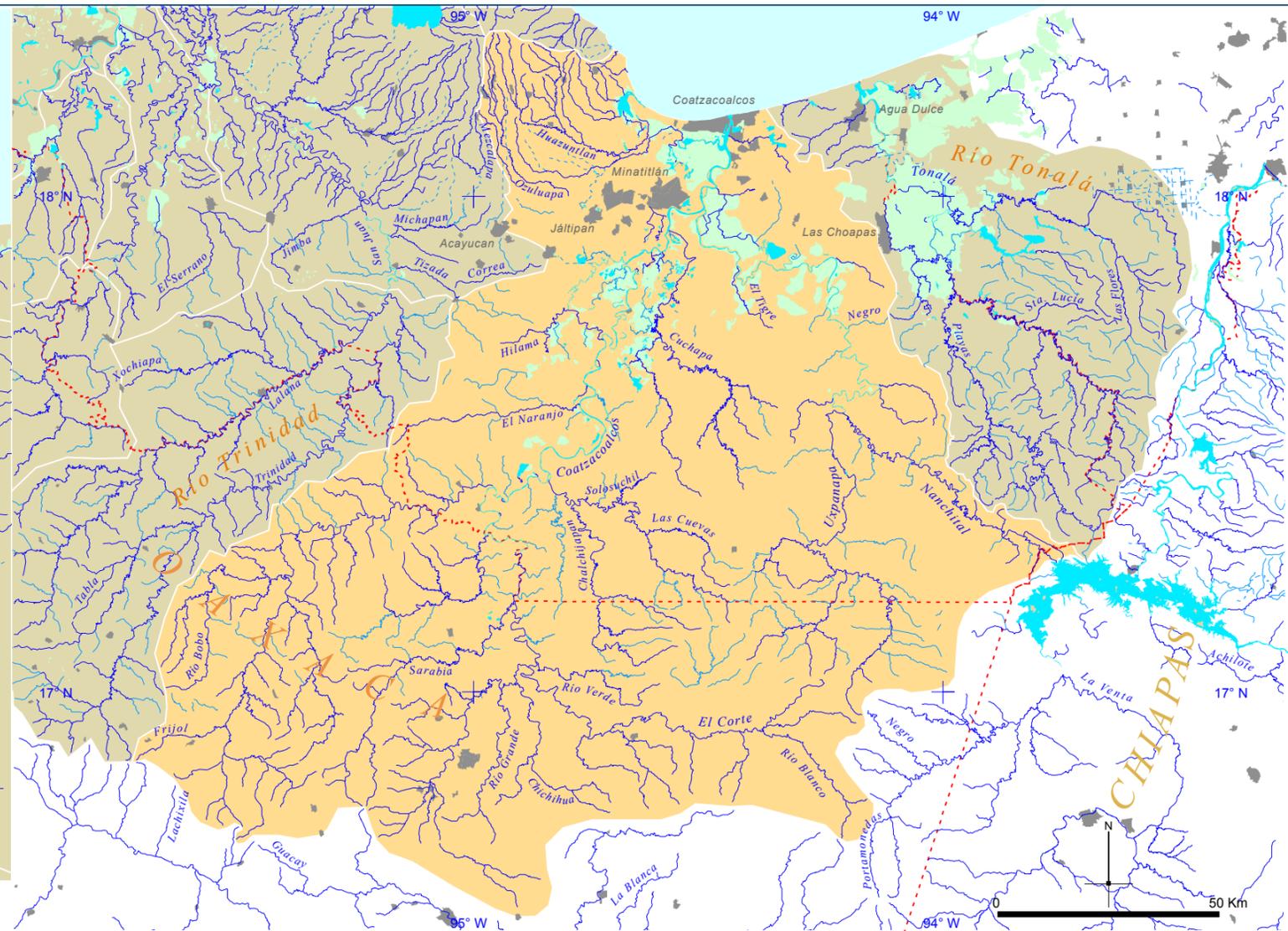
**Aprovechamientos hidráulicos.** A pesar del gran potencial hidráulico de la cuenca, aún no se ha construido ninguna obra hidráulica que permita aprovechar los recursos. Por ejemplo, aguas abajo de la confluencia del río Jaltepec con el Coatzacoalcos,

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

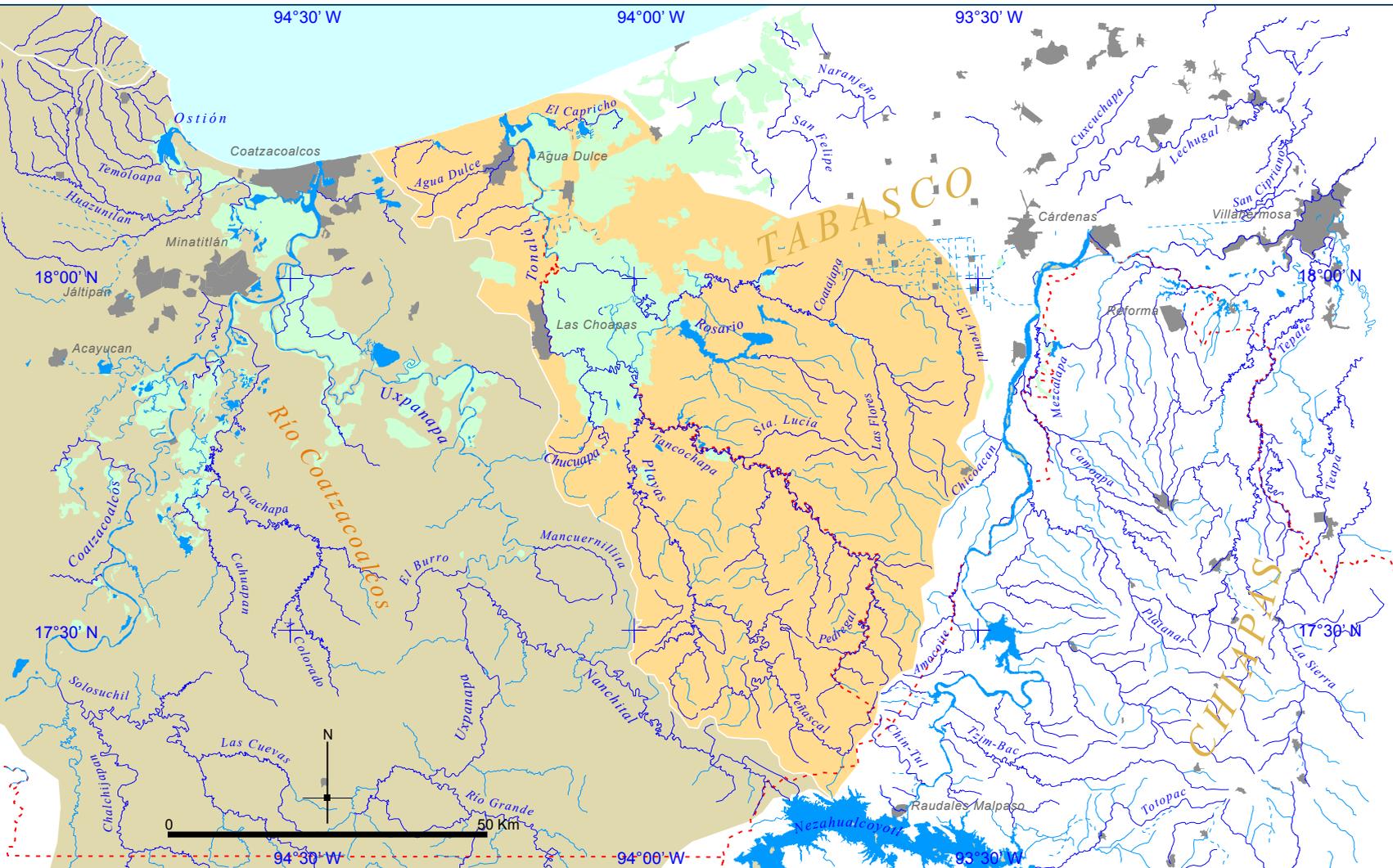


(MAPA 24). Tiene un área aproximada de 5,679 km<sup>2</sup>, distribuida entre los estados de Tabasco y Veracruz (SRH, 1971). El río Tonalá nace en los límites de los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, en la Sierra Madre de Chiapas a 1,000 m de altitud; prácticamente en todo su recorrido sirve como 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

MAPA 24. CUENCA DEL RÍO TONALÁ



en el cerro de Mono Pelado, fluye hacia el noreste, pasa por Pueblo Viejo y San Pedro y entra en Tancochapa, nombre del Tonalá en su parte superior. A 10 km aguas arriba del poblado Francisco Rueda, Tab., hacia la parte baja de su recorrido, el Tancochapa recibe la aportación del arroyo Pesquero y el arroyo Piedras. Por su margen derecha recibe los siguientes afluentes tabasqueños: los ríos Zanapa, Blasillo y Chico Zapote.

**Aprovechamientos hidráulicos.** No obstante la importancia de este río, no ha sido posible instalar una obra hidráulica que permita aprovechar los recursos hídricos.

# Zona costera

LEONARDO D. ORTIZ LOZANO · PATRICIA ARCEO BRISEÑO  
ALEJANDRO GRANADOS BARBA · DAVID SALAS MONREAL · MARÍA DE LOURDES JIMÉNEZ BADILLO



#### LEONARDO D. ORTIZ LOZANO

Biólogo por la Facultad de Ciencias de la UNAM, cursó la maestría en Administración Integral del Ambiente en El Colegio de la Frontera Norte y el doctorado en Oceanografía Costera por la Universidad Autónoma de Baja California. Ha desarrollado investigaciones sobre manejo de recursos costeros, identificación de conflictos de uso y establecimiento de sistemas de indicadores ambientales en áreas marinas protegidas. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, SNI, Nivel I y cuenta con varias publicaciones arbitradas sobre el tema de zonas costeras. Actualmente es investigador titular del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana, donde desarrolla investigación relacionada con el establecimiento de estrategias para el manejo de recursos en zonas costeras.

#### PATRICIA ARCEO BRISEÑO

Egresada de la licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, cursó la maestría en Biología Marina en el Cinvestav, Mérida, y el doctorado en la Universidad de Delaware, EUA. Ha desarrollado investigaciones sobre manejo de pesquerías y bioeconomía pesquera. Actualmente es investigadora del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana, donde realiza investigaciones integrales con incorporación de indicadores socioeconómicos y biológicos para la toma de decisiones del Parque Nacional del Sistema Arrecifal Veracruzano.

#### ALEJANDRO GRANADOS BARBA

Egresado de la licenciatura de Biología de la ENEP Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México, cursó la maestría en Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos y el doctorado en Biología, ambos en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Ha desarrollado investigaciones sobre taxonomía de invertebrados bentónicos. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, SNI, Nivel II. Actualmente es investigador titular del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana, donde desarrolla la línea de investigación de ecología de ambientes costeros en dos áreas geográficas; la región petrolera del sur del Golfo de México y el Sistema Arrecifal Veracruzano.

#### DAVID SALAS MONREAL

Investigador titular C del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana. Estudió la licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Realizó estudios de maestría en Oceanografía Física en la Old Dominion University, Norfolk, Virginia, EUA, donde obtuvo el grado de doctor en Oceanografía Física Costera en el Center for Coastal Physical Oceanography. Su línea de investigación abarca la oceanografía física, la dinámica del océano, y la modelación numérica.

#### MARÍA DE LOURDES JIMÉNEZ BADILLO

Bióloga por la Universidad Nacional Autónoma de México, obtuvo los grados de maestra y doctora en Ciencias del Mar, en el área Oceanografía Biológica y Pesquera, en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la misma universidad. Desde el año 2000 es investigadora del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana. Su línea de investigación es la evaluación y manejo de recursos pesqueros. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, SNI, Nivel I. Fue durante 10 años investigadora en el Instituto Nacional de la Pesca y durante tres en la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa, así como coordinadora del Posgrado en Ecología y Pesquerías de la UV. Ha publicado 3 libros, 8 capítulos de libros y numerosos artículos científicos y de divulgación en revistas nacionales e internacionales y ha participado en congresos y foros científicos.

## TODO VERACRUZ ES COSTA

**EL REFERIRSE A LA ZONA COSTERA DE VERACRUZ (ZCV)** implica hablar de todo el estado. Si bien al hablar de *zona costera* estamos acostumbrados a referirnos a la porción del litoral y a las regiones aledañas, en primer lugar es necesario entender la amplitud territorial de este término y el porqué de su definición.

En términos generales, las zonas costeras son definidas como aquellas en las cuales existe una marcada interacción entre el medio marino y el terrestre, considerando por lo tanto una porción del territorio “seca” y otra “mojada”, las cuales entran en contacto a través de lo que se conoce como el litoral. Este enfoque nos obliga a concebir a la zona costera como una amplia región en la que se presentan fenómenos físico-químicos, geológicos, atmosféricos, biológicos y socio-culturales que ponen de manifiesto la intrincada relación que existe entre la parte “seca” y la parte “mojada”.

Desde una perspectiva ecosistémica, la zona costera representa una serie de gradientes o ecotonos (zonas de transición entre dos ambientes) que se encuentran ligados entre sí a través del flujo de materia y energía, siendo el agua la principal responsable de estos flujos en su dirección tierra-mar y la atmósfera en el caso inverso. Bajo este enfoque es posible definir a la Zona Costera Veracruzana con base en la presencia de unidades terrestres de escurrimiento que

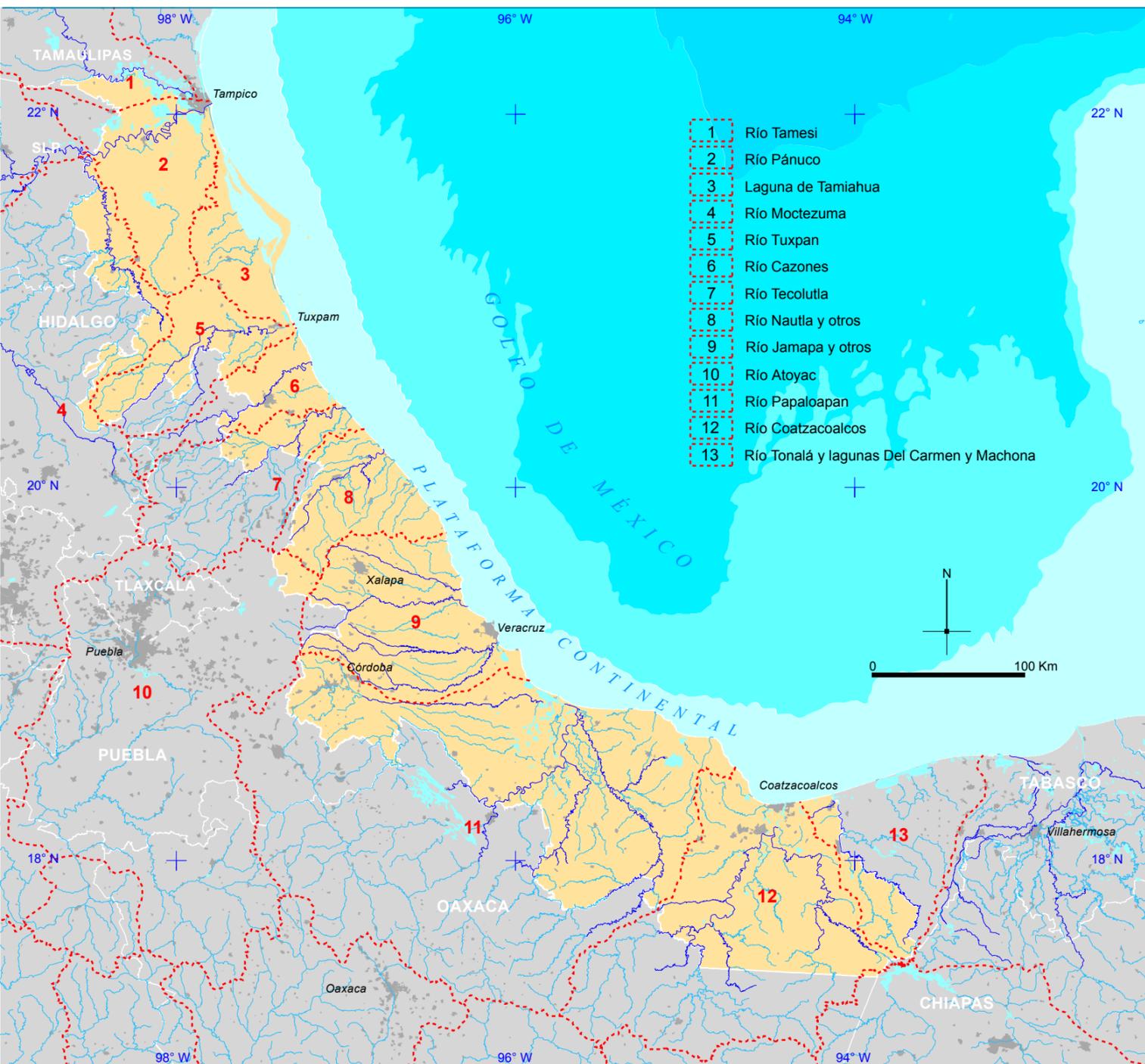
drenan hacia el mar, conocidas como cuencas emisoras (cuencas hidrológicas) y en la presencia de cuencas receptoras (porciones marinas que reciben los aportes de las cuencas hidrológicas).

Si observamos las cuencas hidrológicas que conforman al estado de Veracruz, notamos que de las 13 cuencas presentes, 11 de ellas son exorreicas, es decir, drenan directamente al Golfo de México, y cubren el 94% de la superficie total del estado (**MAPA 1, CUADRO 1**) Estas cuencas emisoras entran en contacto con la porción marina por medio de ríos y lagunas costeras a lo largo de aproximadamente 745 km de línea litoral, drenando sus aguas hacia la plataforma continental.

Por su parte, la cuenca receptora está representada por la plataforma continental del estado, la cual presenta un ancho variable.

Los componentes terrestre y marino de la zona costera veracruzana presentan, a su vez, una serie de discontinuidades o cambios que determinan la intensidad con que fluye la energía. Estas discontinuidades se generan por la presencia de gradientes hipsométricos en la porción terrestre (cambios en la altura y pendiente del terreno con respecto al nivel del mar) y por gradientes batimétricos (cambios en la profundidad con respecto al nivel del mar) y de flujo de corrientes en la porción marina.

MAPA 1. CUENCAS HIDROLÓGICAS DE VERACRUZ



CUENCA HIDROLÓGICA	REGIÓN CNA	SUPERFICIE TOTAL (HA)	SUPERFICIE DENTRO DEL ESTADO (HA)	PORCENTAJE DE LA CUENCA DENTRO DEL ESTADO (%)
1. Río Tamesí	Pánuco	1'692,950	112,135	6.62
2. Río Pánuco	Pánuco	670,507	597,216	89
3. Laguna de Tamiahua	Tuxpan-Nautla	343,374	343,374	100
4. Río Moctezuma*	Pánuco	4'258,098	321,263	7.5
5. Río Tuxpan	Tuxpan-Nautla	582,997	415,690	71.3
6. Río Cazones	Tuxpan-Nautla	384,903	244,423	63.5
7. Río Tecolutla	Tuxpan-Nautla	802,729	174,263	21.7
8. Río Nautla y otros	Tuxpan-Nautla	498,739	479,675	96.2
9. Río Jamapa y otros	Papaloapan	1'025,967	979,919	95.5
10. Río Atoyac-A*	Balsas	3'180,730	57,503	1.8
11. Río Papaloapan	Papaloapan	4'628,319	1'886,301	40.8
12. Río Coatzacoalcos	Coatzacoalcos	2'128,061	1'155,886	54.3
13. Río Tonalá y lagunas del Carmen y Machona	Coatzacoalcos	833,442	249,847	30

CUADRO 1. La componente terrestre de la Zona Costera Veracruzana. Cuencas hidrológicas que conforman al estado.

\* Estas cuencas no drenan directamente al Golfo de México

### El componente terrestre

En el componente terrestre, los gradientes hipsométricos generan la presencia de dos grandes ecotonos. Uno de ellos, conocido como Tierras Altas (TA), está representado por el territorio que presenta elevaciones superiores a los 200 metros sobre el nivel del mar y donde la pendiente es elevada; este territorio cubre 27.5% de la superficie estatal. Es en esta zona donde se genera la mayor captación de agua proveniente de las lluvias y donde el flujo de agua es rápido debido a la gran pendiente del terreno. Esta situación genera una alta tasa de erosión que solamente es menguada por la presencia de cubierta vegetal. La proporción de la superficie estatal cubierta por las Tierras Altas permite apreciar que las zonas de captación de agua en montañas se encuentran en su mayor parte fuera del estado, en cuencas compartidas con las entidades vecinas (MAPA 2).

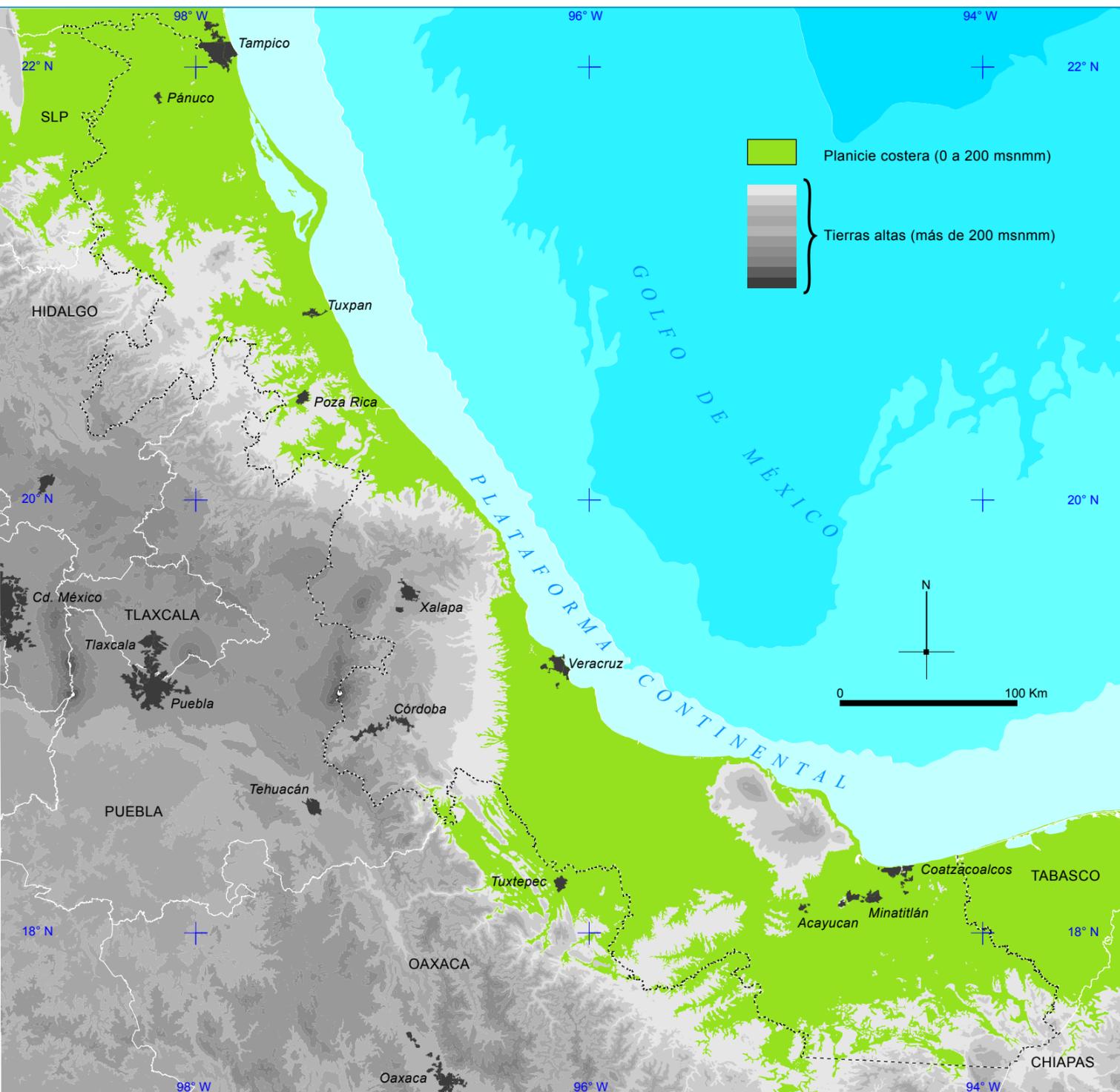
Las tierras ubicadas a menos de 200 metros de altitud sobre el nivel del mar, conocidas como Tierras Bajas o Planicies Costeras, se caracterizan por un descenso importante en el nivel de energía de las corrientes superficiales, originado por la disminución abrupta de la pendiente del terreno, lo que favorece la sedimentación de materiales gruesos arrastrados

por las corrientes de agua. Este hecho es el responsable de la presencia de grandes superficies de suelos ricos en sedimento y aptos para la agricultura.

En Veracruz, esta planicie costera es amplia, cubriendo aproximadamente el 72.2% del estado, presentando su mayor amplitud en la zona norte, en la cuenca del río Pánuco y en la región sur, en las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos. En la porción central del estado se presenta la zona de menor amplitud de la planicie costera en todo el Golfo de México, ocasionada por la presencia de las estribaciones de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico Transversal, lo cual origina la formación de un “embudo” que va de menos de 3 y hasta 11 kilómetros de ancho, el cual influye fuertemente en la distribución y la migración de organismos a lo largo de las planicies del Golfo de México (MAPA 2).

Un tercer ecotono de transición, es el denominado Tierras de Marea (TM), el cual está conformado por la porción terrestre de la zona costera en donde la influencia de la marea es evidente, y se caracteriza por la presencia de condiciones de mezcla entre las aguas dulces provenientes de las cuencas

MAPA 2. CONFORMACIÓN ALTITUDINAL DEL TERRITORIO VERACRUZANO



En la porción terrestre se distinguen el territorio formado por las tierras altas (más de 200 metros sobre el nivel del mar) y la planicie costera (elevaciones menores a los 200 metros sobre el nivel del mar).

emisoras y las aguas saladas del mar, lo que genera condiciones salobres conocidas como estuarinas. En este ecotono se encuentran las lagunas costeras y los estuarios de los ríos del estado, que se caracterizan por ser zonas de gran producción de recursos pesqueros. La descripción más detallada de estos ecosistemas se presenta en el capítulo de humedales en este mismo tomo.

### El componente marino

El Golfo de México se reconoce como un gran ecosistema marino con mezcla de características ecológicas de ambientes templados y tropicales, con grandes escurrimientos de aguas continentales que llegan a la zona costera a través de los ríos y que permiten la formación de importantes humedales costeros, como lagunas, bosques de manglar, praderas de pastos marinos y arrecifes de coral. Es una región marina única en la que se llevan a cabo procesos muy complejos y dinámicos que relacionan la atmósfera y el océano, como los frentes fríos o "nortes" y huracanes, que modifican constantemente los ecosistemas costeros contenidos en el golfo, haciéndolo un sistema ambientalmente heterogéneo, con gran riqueza de formas de vida e importantes recursos energéticos (petróleo y gas) y pesqueros (peces de escama y camarón).

Esta variedad de ambientes del golfo es evidente en el extenso litoral veracruzano que suma cerca de 745 km (el 29.3% de la costa mexicana del golfo) y aproximadamente 116,600 ha de zonas estuarinas, donde se mezclan las aguas de ríos con las del mar, como en las lagunas costeras de Tamiahua, La Mancha, Mandinga o Alvarado. También heterogéneos son los 23,700 km<sup>2</sup> de una plataforma continental que presenta rasgos topográficos considerados inusuales en el ámbito mundial, como el ser somera (profundidades promedio cercanas a 70 m) y angosta (amplitud de 6 a 45 km); estrecha frente a las costas de Roca Partida-Montepío y ancha frente a Coatzacoalcos y al norte de Tamiahua, y con contornos de profundidad sinuosos y un fondo submarino complejo debido a la presencia de bajos, islas y una serie de "canales" con dimensiones y profundidades variables.

La complejidad fisiográfica representa un papel importante en los patrones de circulación de las aguas costeras y en la distribución de los recursos bióticos marinos de Veracruz, en cuyos ambientes se encuentran representadas especies de prácticamente todos los grupos biológicos costeros y marinos.

En efecto, la extensión y variedad topográfica de la plataforma continental veracruzana, los sistemas lagunares y fluviales (ríos) con extensas áreas sedimentarias y deltaicas, son factores del ambiente que han actuado de manera conjunta para conformar una zona costera marina especial que ofrece, para Veracruz, un enorme potencial científico, económico, educativo, arqueológico, histórico, turístico, cultural y de servicios ambientales.

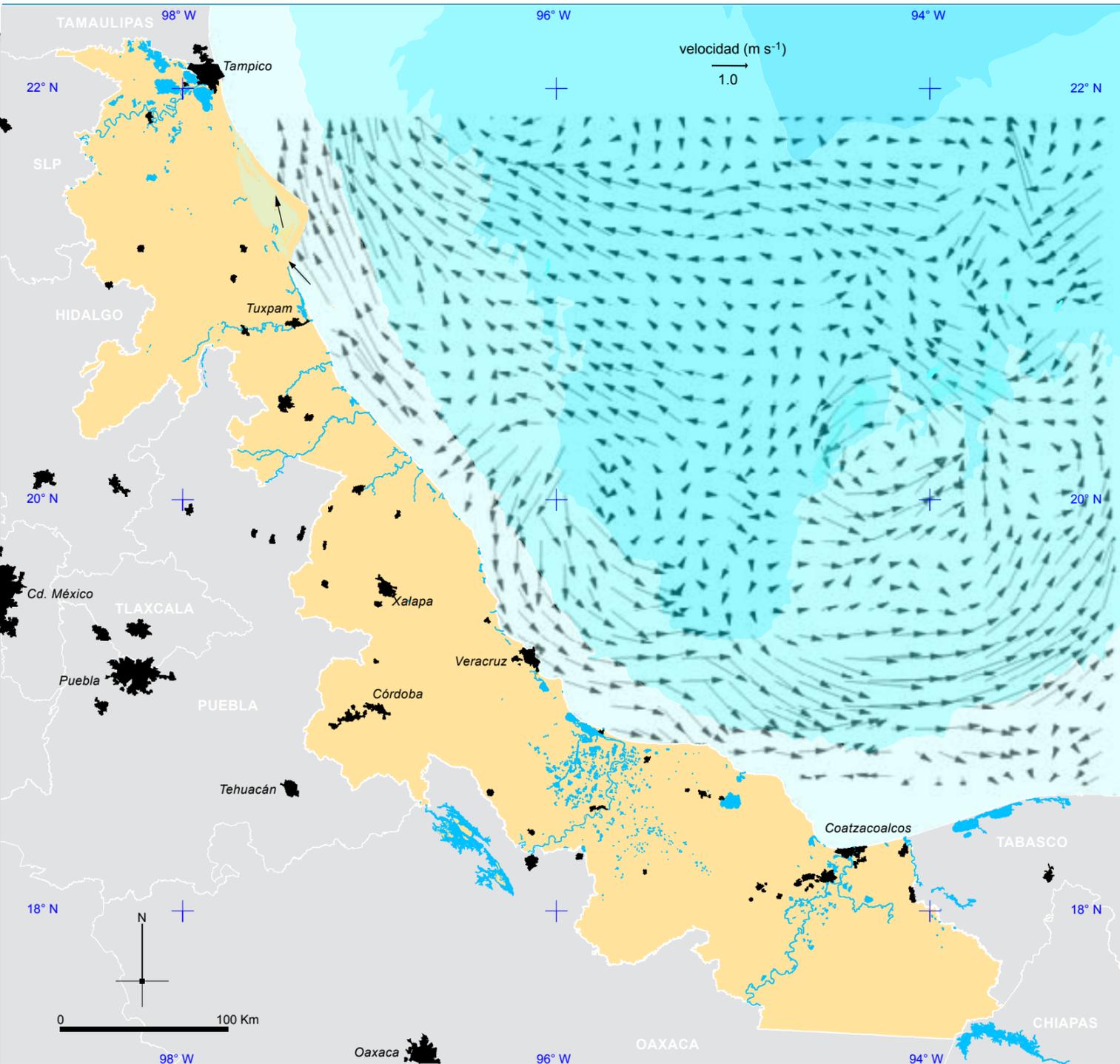
El mar, frente al estado de Veracruz cuenta con características similares a lo largo de toda la costa, esto es debido a su ubicación geográfica dentro del Golfo de México. Veracruz se encuentra en la costa suroeste del golfo, el cual cuenta con patrones de temperatura, salinidad y velocidad de las corrientes muy similares desde Coatzacoalcos hasta Tampico Alto, Ver.

Las corrientes litorales en el estado cuentan con tres patrones a lo largo del año. En invierno, el continente americano, en la región comprendida entre los estados de Texas y Louisiana (EUA), cuenta con temperaturas a nivel de superficie menores que las que podemos encontrar en el Golfo de México. Esto se debe a que el agua puede conservar el calor por un tiempo mayor que el continente (la capacidad calorífica del agua es mayor a la de la tierra). El gradiente térmico (cambio de temperatura entre el continente y el océano) genera vientos del norte a lo largo de todo el estado. Estos vientos son comúnmente llamados "nortes", los cuales traen velocidades de hasta 140 km/h. A los 20° de latitud la transferencia de momento entre el viento y el océano es del 11% (Knauss, 1997), lo cual generaría corrientes superficiales de hasta 15.4 km/h.

En el verano, el patrón de vientos se invierte, ya que el continente en la región sur de los Estados Unidos se calienta más rápido que el Golfo de México. Estos vientos, localmente llamados "suradas", cuentan con magnitudes de hasta 80 km/h, generando corrientes superficiales de aproximadamente 8.8 km/h.

El tercer patrón de corrientes está asociado al cambio en la dirección del viento, esto es la transición de nortes a suradas o de suradas a nortes. En esta temporada del año los vientos dominantes están principalmente alineados en dirección este-oeste, generando corrientes superficiales casi perpendiculares a la costa cercana a los 20° de latitud norte (próximo a la Ciudad de Tecolutla, Ver). Dichas corrientes producen

MAPA 3. CORRIENTES MARINAS SUPERFICIALES EN LA ZONA COSTERA DE VERACRUZ



Las flechas marcan la dirección e intensidad de estas corrientes.

una divergencia (MAPA 3), generando corrientes con características diferentes hacia el sur y norte de ese punto. Al sur de Tecolutla las corrientes paralelas a la costa se mueven hacia el sur, rumbo a Coatzacoalcos, mientras que al norte de los 20°, las corrientes van en dirección norte, rumbo a Tampico. Cuando el viento se mueve paralelo a la costa genera surgencias (*upwellings*) o hundimientos (*downwellings*), esto se debe al efecto de Coriolis (deflexión de las corrientes debido al movimiento de rotación de la tierra) (Knauss, 1997). Las surgencias y hundimientos son generados por el efecto de rotación de la tierra, al soplar los vientos paralelos a la costa, la columna de agua superficial (aproximadamente los 10 primeros centímetros) se mueve casi en la misma dirección del viento, pero las siguientes capas de agua empiezan a deflectarse hacia la derecha del movimiento. En temporada de suradas, en las costas veracruzanas el viento que se mueve en dirección norte deflectaría el agua hacia mar abierto. Esto cerca de la costa tendería a producir un vacío y para compensar ese vacío (toda el agua que se mueva a mar abierto) es necesario traer agua del fondo hacia la superficie (FIGURA 1).

Por el contrario, en la temporada de nortes el viento deflectaría el agua hacia la costa, apilando el agua en la zona de playas, estuarios y lagunas costeras. En esta temporada el nivel del mar puede aumentar hasta 15 centímetros debido al acumulamiento del agua (transporte de Ekman) en regiones como Tuxpam, Coatzacoalcos y el Puerto de Veracruz (Salas-Monreal y Valle-Levinson, 2008). Al acumular el nivel del mar próximo a la costa, se generan hundimientos, movimientos verticales de agua, con el objetivo de llegar al punto de equilibrio en el nivel del mar (FIGURA 1). El estado de Veracruz, al contar con una sola costa expuesta al efecto del viento, a diferencia de los estados de Baja California y Baja California Sur, es generalmente afectado por surgencias (suradas) o hundimientos (nortes) a lo largo de todo el estado durante la mayor parte del año. La única excepción se produce durante la temporada de cambios de nortes a suradas y de suradas a nortes. Estos eventos son de menor duración (1 mes) pero generan una diferencia notable entre la zona norte y sur del estado de Veracruz. Cuando las corrientes vienen del este, a la altura de Tecolutla, sufren una difracción debida a que la costa actúa como una barrera natural. El cambio en el patrón de corrientes a la altura de Tecolutla (MAPA 3) genera surgencias en la zona norte del estado y hundimientos de agua en la zona sur.

El estado de Veracruz, al contar con un gran litoral, ha desarrollado una economía dependiente de la pesca, de ahí la importancia de estudiar y predecir la temporada de surgencias y hundimientos. Las surgencias, al aportar agua profunda hacia la superficie, proveen gran cantidad de nutrientes y una menor temperatura, lo cual es propicio para muchos organismos. Los hundimientos, por el contrario, son regiones de baja productividad pesquera, ya que al hundirse el agua de superficie se generan áreas con bajo contenido de nutrientes, u oligotróficas (Biggs, 1992).

Las regiones con baja concentración de nutrientes no sólo se generan en zonas de hundimientos, éstas también pueden ser generadas en regiones donde se encuentren los giros anticiclónicos. Un giro anticiclónico es aquel en el que las corrientes marinas describen círculos en dirección de las manecillas del reloj. En estas zonas, el agua de superficies se concentra en la parte central del giro y es empujada hacia zonas más profundas. En la zona norte del estado de Veracruz, a los 22

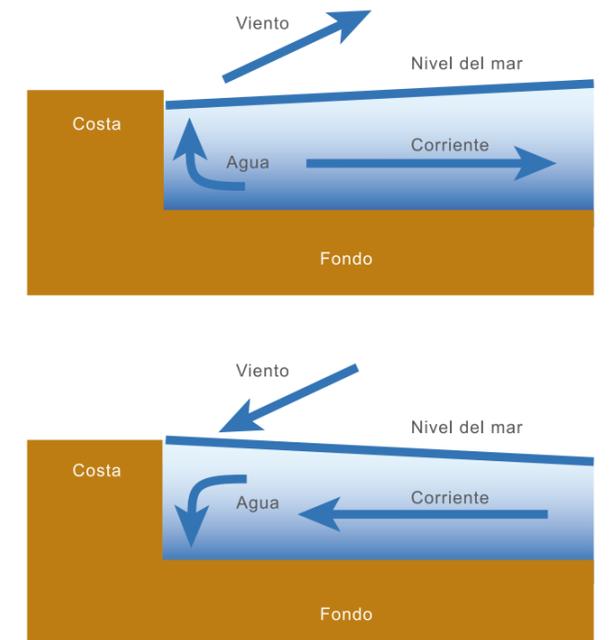


FIGURA 1. Movimientos verticales de las masas de agua en la costa veracruzana. Arriba, el viento mueve el agua superficial hacia afuera de la costa, lo cual produce un levantamiento de las aguas del fondo que reemplazan a las aguas superficiales, generando un fenómeno conocido como *surgencia*. Abajo, el agua superficial es desplazada por el viento hacia la costa, lo cual genera una acumulación del volumen, lo que produce un *hundimiento* de aguas cercanas al litoral.

grados norte y 96 grados oeste, se puede ver una zona de baja productividad primaria y altas temperaturas a nivel superficial de mar, ya que en ese lugar se localiza el inicio de un giro anticiclónico (MAPA 3). Por el contrario, a los 20.4 grados norte y 94 grados oeste se puede apreciar un giro ciclónico. El giro ciclónico es el opuesto del anticiclónico, va en dirección contraria a las manecillas del reloj y produce un afloramiento de agua profunda con gran cantidad de nutrientes. Por esta razón los giros ciclónicos están asociados con zonas de alta productividad primaria y aguas superficiales de menor temperatura. Los giros ciclónicos no son fenómenos estáticos, se van desplazando a lo largo de la costa produciendo un constante reajuste de las zonas productivas.

Un giro ciclónico no sólo favorece la zona pesquera, también evita que una posible depresión tropical o huracán pueda impactar estas regiones. Los huracanes que llegan a las costas veracruzanas se forman desde la región norte de África, cuando el ecuador termal (zona de mayor incidencia de radiación solar) se encuentra en el hemisferio norte. Debido al patrón de vientos y al efecto de Coriolis (deflexión de las corrientes debida al movimiento de rotación de la tierra), los huracanes empiezan a girar en movimientos ciclónicos al desplazarse por el océano Atlántico y, al llegar al Golfo de México, van adquiriendo energía gracias al vapor de agua (zonas en las que la temperatura superficial del mar es alta). Sin embargo, cuando el huracán se encuentra con una región de baja temperatura superficial, cambia su trayectoria para evitar perder energía (Knauss, 1997).

A una escala menor, en la región denominada zona de plataforma también se producen movimientos ciclónicos, como el que se observa frente a las costas del puerto de Veracruz (FIGURA 2), localizado en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), el cual genera zonas altamente productivas (Salas-Monreal *et. al* 2008) y baja las probabilidades de que un huracán impacte estas costas.

Otro fenómeno asociado con las corrientes perpendiculares a la costa son las llamadas corrientes de retorno. Las corrientes de retorno son el movimiento circular (ciclónico y anticiclónico) producido por la difracción de las corrientes al llegar a la costa (FIGURA 3). Cuando llega perpendicular a la costa, la corriente se mantiene en un rango de velocidad hasta que choca con la costa; al no poder regresarse por la misma trayectoria, debido a que la corriente de agua que viene detrás tiene mayor velocidad que la que choca con la

costa, no le queda más alternativa que difractarse. De esta manera la corriente se divide en dos, desplazando una parte hacia el norte y otra hacia el sur del punto de impacto. Esta nueva corriente va a seguir paralela a la costa hasta que se encuentra con otra corriente también paralela a la costa, la cual es resultado de la refracción de otro choque. Estas dos corrientes paralelas a la costa pero con dirección opuesta, al unirse no pueden desplazarse hacia la costa, ya que ésta representa una barrera física que no pueden atravesar; de esta manera, la unión de estas dos corrientes ha de desplazarse hacia mar abierto, hasta el punto en el que la corriente perpendicular a la playa venga con mayor velocidad y, al chocar con esta corriente, vuelva a refractarse, produciendo así movimientos ciclónicos y anticiclónicos.

En la misma escala de las corrientes de retorno, podemos ver el efecto de las plumas de los ríos y de las descargas de agua salobre de los estuarios (cuerpos de agua semicerrados con conexión abierta al mar que cuentan con la presencia de descargas de agua dulce) y lagunas costeras (cuerpos de agua semicerrados con una conexión abierta al mar). En los estuarios, la salida de agua dulce se lleva a cabo en la parte superficial (primeros metros de agua), mientras que el agua salada entra al estuario por la parte profunda de la boca. Esto permite que los organismos de agua salobre puedan entrar y salir del estuario por la parte superficial, mientras que los organismos de agua salada pueden entrar al estuario por la parte más profunda. Esto aunado al efecto de Coriolis (deflexión de las corrientes debido al movimiento de rotación de la tierra) produce una salida de agua dulce que se deflecta hacia la derecha de la boca del río o estuario, mientras que la entrada de agua salada se llevaría a cabo en la parte izquierda del río o estuario (FIGURA 4). Este fenómeno es comúnmente observado en los ríos y estuarios cuando el viento no es muy intenso; lo cual genera una diferencia de densidades, generalmente relacionada con un cambio de color en el agua a lo ancho del río.

#### AMBIENTES DE LA ZONA COSTERA

Veracruz, con su privilegiada situación geográfica, fue una de las primeras puertas de entrada a América de los conquistadores del Viejo Mundo; ello favoreció que el estudio de la biota que habita su plataforma continental sea histórico. Hay registros de fauna marina que vive en los fondos, es decir bentónica, que se remontan al siglo XIX (1841-1891), como los reportes de Valentin para equinodermos (estrellas, pepinos,

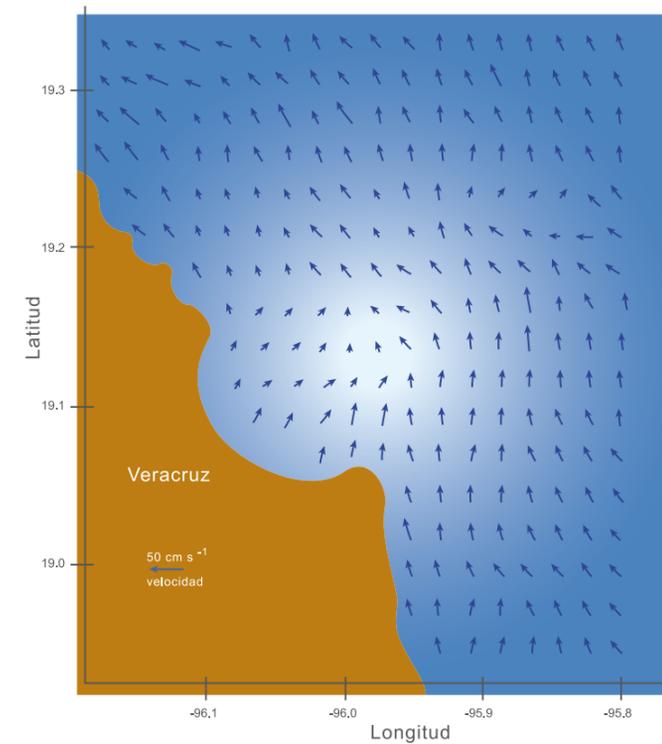


FIGURA 2. Movimiento ciclónico de las aguas superficiales frente al Puerto de Veracruz.

galletas, erizos de mar), Benedict para poliquetos (gusanos anillados), Ives para crustáceos (camarones, cangrejos, langostas) y Heilprin para los arrecifes de coral del Sistema Arrecifal Veracruzano; sin embargo, su estudio a través del tiempo ha sido intermitente y muy general.

Los ecosistemas de zona costera han representado un papel histórico y cultural primordial en el desarrollo y sostén de las sociedades del mundo, y Veracruz es un estado rico en el número y extensión de ellos. Entre tales ecosistemas se incluye a los denominados humedales, dentro de los que destacan los bosques de manglar a lo largo del estado, las praderas de pastos marinos y los arrecifes de coral, distribuidos en las costas frente a Tuxpan, la ciudad de Veracruz y Antón Lizardo.

Estos ecosistemas, que son muy cambiantes, con gran biodiversidad y altamente productivos, brindan importantes servicios ambientales al ser humano, ya que ayudan a mitigar inundaciones, controlan la erosión, retienen sedimentos, sustancias tóxicas y nutrientes, almacenan carbono y proveen servi-

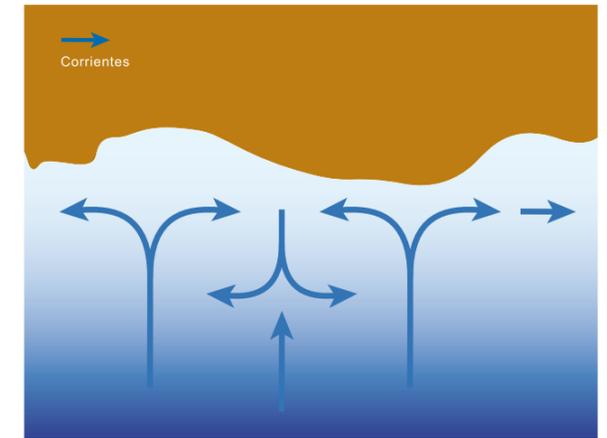


FIGURA 3. Formación de corrientes de retorno por la presencia de la costa.

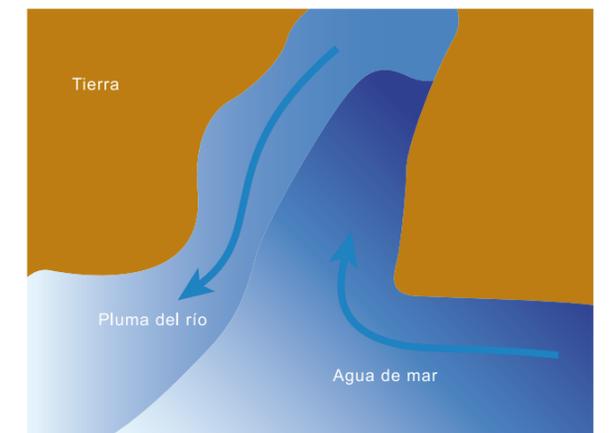


FIGURA 4. Movimiento típico de masas de agua dulce y agua salada en los estuarios de los ríos.

cios de transporte y recreación. Además de ser una fuente importante de alimento, son verdaderos santuarios naturales para numerosas especies.

Por ejemplo, las áreas de manglar, además de tener una alta productividad que es exportada al medio marino, desempeñan una función clave como hábitat de numerosas especies acuáticas, anfibias y terrestres; entre ellas, en especial, peces, moluscos y crustáceos en etapa juvenil, que representan un papel fundamental en las pesquerías de la plataforma. Asimismo los manglares brindan protección al litoral contra la erosión por viento y oleaje.

Los pastos marinos, por su parte, son productores primarios que conforman grandes praderas que proveen sustancias y materiales para otros organismos arrecifales; en sus praderas se reproducen y crían peces, crustáceos, equinodermos, poliquetos, moluscos y otros organismos. Estos pastos disminuyen el movimiento del agua favoreciendo que se depositen partículas finas, con lo que se incrementa su transparencia y se evita que el oleaje afecte a los organismos que tienen poca movilidad, como los corales. Su extenso sistema de raíces y rizomas estabiliza y retiene la arena, por lo que funcionan como reservorio para playas y previene la erosión costera que provocan los huracanes.

Los arrecifes de coral son hogar de especies de prácticamente todos los grupos marinos tropicales, representan un alto porcentaje del paisaje marino de la plataforma continental veracruzana. Emergen en aquellas zonas donde la luz solar alcanza el fondo para conformar, en el caso de Veracruz, más de 25 estructuras arrecifales que pueden contener cayos arenosos, islas y una laguna somera. Es sorprendente que se hayan desarrollado a pesar de estar próximos a importantes zonas portuarias (Tuxpan, Veracruz) y urbanas (Tuxpan, Veracruz-Boca del Río), así como a descargas de sedimentos provenientes de los ríos situados a lo largo de la costa veracruzana (Tuxpan, Tecolutla, La Antigua, Jamapa, Papaloapan y Coatzacoalcos, entre otros cerca de 40). Ello hace a los arrecifes de coral valiosos a la vez que muy vulnerables.

Los de Veracruz y Antón Lizardo, denominados Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), fueron declarados Parque Nacional en 1992 debido a la importancia que sus hábitats brindan para el mantenimiento de la biodiversidad marina. Sin embargo, su belleza natural constituye un foco de atracción

para el turismo y a la vez un riesgo. Actualmente, el SAV es también considerado sitio Ramsar (figura de conservación de humedales producto de la convención internacional realizada en esa ciudad de Irán) desde 2004, y ha sido declarado por la UNESCO, desde 2006, Reserva de la Biosfera. Es muy importante evitar al máximo su deterioro, ya que actualmente estos arrecifes están en riesgo extremo por la inminente ampliación del Puerto de Veracruz.

Hay que entender que hay una conexión e interdependencia entre los diferentes ecosistemas costeros; en su conjunto, los manglares, arrecifes de coral y pastos marinos constituyen sistemas productivos que comparten una distribución tropical y gran diversidad de especies, pero también comparten su vulnerabilidad, por lo que mantener su relación natural constituye una fuerte base para su protección y buen manejo. La continua afectación del manglar para construir desarrollos residenciales y urbanos en la costa veracruzana está ya teniendo efectos graves en la protección de la comunidad arrecifal en general y en la producción pesquera, y está poniendo en riesgo la estabilidad de las costas, aspectos que hacen vulnerables a las zonas urbanas costeras veracruzanas.

Otro tipo de fondos marinos son los que están cubiertos con sedimentos como arenas y/o lodos; estos hábitats, de los que se habla poco, son en realidad muy comunes en las áreas costeras del mundo ya que cubren el 70% del océano. Son hábitats que mantienen gran diversidad, pero sólo se conoce una fracción pequeña de las especies que los habitan. En Veracruz, este tipo de fondos está presente en más del 60% de su plataforma continental y es habitado principalmente por invertebrados de tamaño pequeño, como son los gusanos poliquetos, crustáceos, moluscos y equinodermos, para los que las características físicas del sedimento —como tamaño de grano, composición y material orgánico presente— son factores que determinan su abundancia, frecuencia y riqueza de especies. Es importante que se reconozca que los hábitats no son independientes, sino que dependen unos de otros a través de una interconexión.

La degradación de los ecosistemas costeros y marinos del mundo es alarmante y los de Veracruz están en riesgo en la actualidad. Por ello, es necesario que se ponga especial atención en la importancia que los ecosistemas costeros terrestres tienen para el mantenimiento de los ecosistemas costeros marinos, y éstos en conjunto, para la protección y desarrollo de las sociedades costeras.



## LA ZONA COSTERA VERACRUZANA Y LA SOCIEDAD

El hecho de que el estado de Veracruz posea un amplio litoral costero posibilita que los asentamientos humanos que se encuentran en esta zona realicen actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos costeros y marinos, principalmente. La densidad de la población a lo largo de la costa es variable y lo es también la gama de actividades y la intensidad con que se realizan. Existen municipios –como Veracruz-Boca del Río, Alvarado y Coatzacoalcos– donde la densidad poblacional es alta, mientras que otros tienen pocos pobladores por área. En los municipios costeros es predominante la actividad pesquera, combinándose frecuentemente con la agricultura, la ganadería y otras actividades. Para una gran parte de los habitantes de la costa, la pesca representa, más que un modo de vida, una fuente de proteína (Arceo, *et al.*, 2007), y en muchas instancias los productos de la pesca costera tienen como destino el consumo local en pequeños negocios y restaurantes. La pesca de subsistencia es una de las principales actividades desde el punto de vista social.

La diversa densidad de población en las zonas costeras está relacionada también con la forma en que se distribuyen las actividades productivas y los usos no consuntivos a lo largo del litoral veracruzano. La estructura topográfica de la costa propicia una diversidad de recursos y consecuentemente una diversidad de usos. Podemos diferenciar entre los usos que generan recursos monetarios y los que proveen bienes o servicios que son consumidos por la gente. Existen recursos como el petróleo que son no renovables y cuyo consumo hace que eventualmente lleguen a agotarse, por otra parte están los recursos que son renovables, como los pesqueros; esto implica que estos recursos se pueden extraer a una tasa igual a la que se renuevan, asegurando así su uso sustentable; sin embargo, pueden agotarse si se les extrae a tasas mayores a su tasa de renovación. Otro tipo de recursos son los no consumibles, es decir los que podemos disfrutar, como las playas, los arrecifes y aquellos cuya contemplación por una persona no disminuye su valor estético para otra. Cabe decir, sin embargo, que la contaminación y uso descuidado de estos recursos puede provocar la disminución de su valor estético. El disfrutar de estos recursos genera también empleos y divisas, con sería el caso del turismo en playas con servicios de hotel y restaurante. La visita a zonas de arrecifes promueve la existencia de prestadores de servicios turísticos, como los guías de buceo, por ejemplo.

Un recorrido por las costas de Veracruz da cuenta de una diversidad en cuanto a los asentamientos humanos. Por otra parte, es notable el desarrollo de actividades como la agricultura y la ganadería que se realizan cerca de la costa, y que, sin duda, tienen impactos en la misma. Así, podemos encontrar, por ejemplo, grandes áreas en las que la vocación predominantemente, aunada a la pesca, es agrícola y ganadera; otras que cuentan con muy poco desarrollo de estas actividades, debido principalmente a las características y conformación del suelo; áreas en las que se han construido desarrollos portuarios y zonas de industria petroquímica y, por lo tanto, de transporte de hidrocarburos; zonas netamente pesqueras e incluso desarrollos turísticos donde se realizan actividades para las que la integridad del paisaje es importante. Una clasificación de los recursos costeros de Veracruz se presenta en la FIGURA 5.

La actividad pesquera en el estado es el resultado de dos fenómenos interrelacionados: su situación litoral y su tradición histórica. El litoral veracruzano posee alrededor de 745 km de longitud. Esto representa 23.8% del total de la cuenca del Golfo de México y Mar Caribe y un 6% del total nacional (González, 2002). Cuenta con 29 municipios que tienen litoral y 16 adyacentes costeros. Su hidrografía costera marina se integra por: puntas, islas, esteros, arrecifes, barras, playas, bocas, ensenadas, lagunas costeras (Montfort, 1996), que constituyen hábitats con características muy particulares en los que se desarrolla una alta diversidad de recursos pesqueros. De las lagunas costeras proviene la mayoría de la captura total del estado. Tan sólo 130 especies de peces marinos estuarinos dulceacuícolas contribuyen con alrededor del 75% de la captura total. Veracruz tiene un total de 17 sistemas lagunares costeros con una superficie de más de 123,000 ha (Contreras, 1985).

Esta actividad es la fuente de sustento de cientos de familias y parte muy importante de su desarrollo sociocultural. El municipio de Alvarado conserva 100% de su población activa ligada a la pesca, aunque su área acuática haya disminuido. La laguna costera de Sontecomapan en el litoral del municipio de Catemaco también es eminentemente pesquera, aunque la influencia de la petroquímica del Istmo tiende a absorber poco a poco su fuerza de trabajo (González, 2002). Aunque en varias zonas costeras y litorales predominan los perfiles ganadero y cañero, la pesca proporciona empleo a muchas de las comunidades ribereñas.

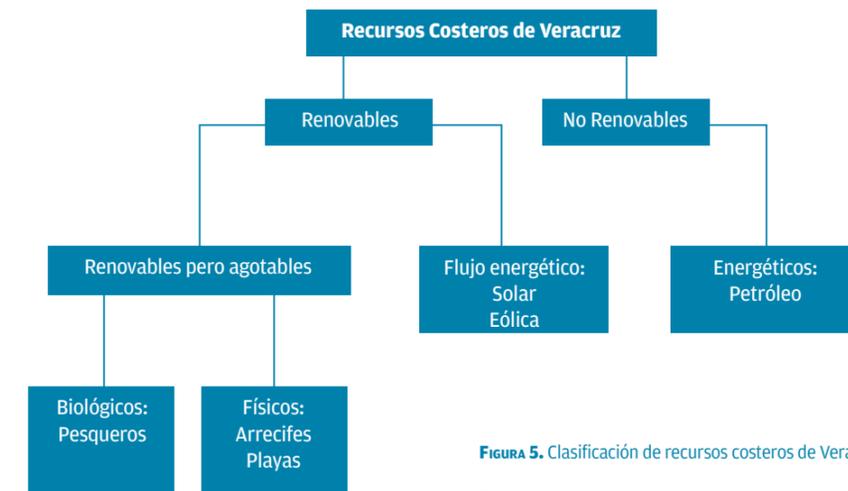


FIGURA 5. Clasificación de recursos costeros de Veracruz.

De la pesca dependen económicamente no sólo los pescadores y sus familias, sino también una larga cadena de intermediarios encargados de comercializar el producto tanto a nivel local, como regional, nacional e incluso internacional. Las empresas constructoras de embarcaciones, motores fuera de borda, implementos de pesca (redes, anzuelos, piola, flotadores, plomos), equipo de pesca (posicionadores geográficos, sistemas de radionavegación Loran, etc.) e industrias fileteadoras o procesadoras también dependen de la pesca. Indirectamente, también dependen de ella algunos servidores públicos, investigadores, profesionales, estudiantes, que encuentran en esta actividad su materia de trabajo.

En 1996 se registraron 47,083 pescadores en Veracruz, 65% dedicados a la captura y 35% a la acuicultura, que en conjunto representan 45% de los productores en el Golfo de México y Mar Caribe y el 18.3% del total de pescadores y acuicultores mexicanos. En ese mismo año la producción pesquera veracruzana ascendió a 10.3% del total nacional en peso vivo. A estos volúmenes contribuyeron especialmente los litorales y las zonas lagunares de Tamiahua, Alvarado, Veracruz, Tecolutla, Tlacotalpan, Tuxpan y Coatzacoalcos (González, 2002).

Para 1998 se registra un importante descenso en el número de personas dedicadas a la actividad pesquera en Veracruz, que asciende a 31,754 personas, incluyendo el sector social, público y privado, constituyendo el primero más de la mitad del total (CUADRO 2). Estas cifras quizá reflejen el abandono de la actividad por el escaso estímulo económico o bien simplemente la falta de renovación de los permisos de pesca

por parte de los pescadores, por lo que no aparecen en las estadísticas, sin que ello signifique que abandonaron la actividad pesquera, por lo que sólo se estaría incrementando el número de pescadores libres. No obstante ese decremento, existe un número importante de población que aún depende de la pesca y que no aparece en estas cifras por ser pescadores libres no registrados, además de los dependientes indirectos a que se ha hecho mención arriba, todo lo cual resalta la importancia de la pesca en la economía.

La proporción de población del sector social que se dedica a la pesca en Veracruz es de 58.3%, del sector privado 41.57% y tan sólo un 0.13% del sector público. Estos datos corresponden al año 1998, lo que indica que las proporciones señaladas por González (2002) han cambiado, con una tendencia a ser más equilibradas entre los primeros dos sectores.

Las sociedades de pescadores son de muy diverso tipo y condición. Hay pescadores de alta mar, de ribera en lagunas costeras, o bien de aguas arriba de ríos, de lagos o de embalses artificiales. La problemática en cuanto a su organización puede variar, sea que se trate de agrupaciones cooperativas, permisionarios libres o pescadores independientes. La heterogeneidad sociocultural puede determinar que la problemática socioeconómica difiera en diversas categorías de pescadores (González, 2002).

La magnitud en el valor de la pesca también varía considerablemente; la de alta mar es, sin duda, más rentable, dados los recursos de capital que se deben manejar. Aunque de importancia en valor económico, aun siendo mayor, repre-

SECTOR	TIPO DE ORGANIZACIÓN	POBLACIÓN <sup>1</sup>
OFICINA		
<b>SOCIAL</b>		<b>18,513</b>
<b>Cooperativas</b>		<b>8,791</b>
Alvarado		867
Catemaco		87
Ciudad Cuauhtémoc		2,337
Coatzacoalcos		439
La Laja		339
Naranjos		163
Nautla		263
Pánuco		1,054
Tamiahua		1,112
Tecolutla		145
Tlacotalpan		175
Tuxpan		140
Veracruz		1,670
<b>Uniones de Pescadores</b>		<b>9,722</b>
Alvarado		449
Catemaco		1,448
Ciudad Cuauhtémoc		589
Coatzacoalcos		2,417
La Laja		46
Nautla		369
Pánuco		2,717
Tamiahua		10
Tecolutla		140
Tlacotalpan		249
Tuxpan		200
Veracruz		1,088

SECTOR	TIPO DE ORGANIZACIÓN	POBLACIÓN <sup>1</sup>
OFICINA		
<b>PÚBLICO</b>		<b>40</b>
<b>Escuelas Tecnológicas del Mar</b>		<b>40</b>
Alvarado		10
Coatzacoalcos		10
Tuxpan		10
Veracruz		10
<b>PRIVADO</b>		<b>13,201</b>
<b>Empresas</b>		<b>60</b>
Alvarado		60
<b>PARTICULARES</b>		<b>13,141</b>
Alvarado		1,257
Catemaco		419
Ciudad Cuauhtémoc		3,786
Coatzacoalcos		1,157
La Laja		1,216
Naranjos		738
Nautla		257
Pánuco		561
Tamiahua		1,816
Tecolutla		319
Tlacotalpan		508
Tuxpan		788
Veracruz		319
<b>TOTAL</b>		<b>31,754</b>

**Cuadro 2.** Población dedicada a la actividad pesquera en Veracruz según sector, tipo de organización y oficina. Personas inscritas en el Registro Nacional de Pesca hasta el 31 de diciembre de 1998.

<sup>1</sup> Comprende: pescadores, técnicos pesqueros prácticos, calificados e industriales, obreros, empleados administrativos, personal académico e investigadores. Fuente: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Delegación de Pesca en el Estado. Departamento de Administración de Pesquerías.



senta un sector menos destacado desde el punto de vista social, aunque podría constituirse en una alternativa desde una perspectiva estrictamente económica. Los costos de producción que implica son mayores, por lo que los precios del producto final deben ser también más elevados. La dependencia de la pesca de altura respecto de los mercados es una condición *sine qua non* para su desarrollo, estando, en consecuencia, más expuesta a crisis y altibajos propios de las economías de mercado (González, 2002).

La pesca de ribera tendría, en cambio, menores exigencias de inversión, aunque socialmente constituya el gran eje sobre el que se mantiene casi una quinta parte de los pescadores mexicanos. Su potencial humano es indiscutible, no sólo por su número sino también por su permanencia plurisecular en los entornos ribereños y costeros, así como por sus tradiciones. Las condiciones

de reproducción social en las que históricamente sus sociedades se han desenvuelto, hacen de la actividad pesquera no sólo un medio de existencia, sino también un modo de vida, lo que podría implicar sociedades más estables que, garantizando la comercialización de al menos parte de sus productos, están en mejores condiciones de afrontar los vaivenes del mercado y las consecuentes crisis (González, 2002).

Una importante proporción de la pesca que se realiza en México es de tipo artesanal, y ni que se diga en Veracruz, donde 98% de los pescadores son artesanales, con una estructura de producción que se caracteriza por su alta concentración económica y regional, su escasa diversificación, su inadecuada capitalización, su falta de organización y su fuerte dependencia de un mercado desleal. El crecimiento de la pesca en este sector se ha dado por pescadores en

cooperativas y pescadores libres; sin embargo, esta fuerza se encuentra orgánicamente dispersa y no ha logrado alcanzar el grado de participación colectiva y democrática y mucho menos ser autogestiva (López, 1992). Aún predomina el esquema del paternalismo, lo que frena el desarrollo de las comunidades pesqueras.

La pesquería marina está sustentada en especies migratorias que sólo pueden ser pescadas en ciertas temporadas o "corridos". La movilidad y diversidad del recurso dificultan la introducción de mecanismos directos de apropiación de sus beneficios, como sucede en otros sectores de la producción: agricultura, ganadería, etc. Las variaciones estacionales de abundancia y accesibilidad le incorporan características de alto grado de aleatoriedad, que obedecen más bien a procesos naturales que rigen el tiempo y ritmos de la actividad pesquera (Mendoza y Sánchez, 1997), por lo que su manejo es un asunto complicado.

Por otra parte, durante sus rutas migratorias, las especies transitan por zonas pertenecientes a diferentes municipios, regiones o países. Así, los recursos son compartidos y la reglamentación que rige su extracción tendría que ser consensada entre autoridades de diferentes países y/o municipios, acuerdos que en ocasiones no llegan a establecerse. Aún más, las administraciones no pueden normar los recursos pesqueros en forma aislada sin provocar alteraciones en otros recursos asociados del mismo u otro ecosistema. Ejemplos de ellos son: la fauna de acompañamiento, que en ocasiones llega a registrar proporciones de diez partes por una de las especies objetivo; la captura incidental, que en ocasiones se convierte en especie objetivo; el impacto de los arrastreros sobre las comunidades bentónicas (las que viven en los fondos), o las alteraciones sobre especies nativas, derivadas de la introducción y traslocación de especies para la acuicultura (*Diario Oficial*, 2000). Todo ello dificulta contar con la suficiente

reglamentación para explotar adecuadamente los recursos, muchos de los cuales carecen de ella, por lo que se adoptan medidas de recursos similares que en ocasiones no es lo más conveniente. Así la necesidad de normalización es urgente.

El bajo valor de los productos de la pesca en el mercado y la variación de precios sujeta a las condiciones que impone el intermediario, empujan al pescador a incrementar sus ingresos desarrollando más horas de trabajo, sobreexplotando el recurso, ejerciendo un esfuerzo pesquero que va más allá de la capacidad de recuperación de las poblaciones explotadas, por lo que cada vez los volúmenes de captura disminuyen. Esta falta de una estrategia que permita a las poblaciones recuperarse genera, por un lado, que cada vez las tallas de captura de los organismos sean menores, con lo que además se está afectando el potencial reproductivo de la población al extraerse a los individuos antes de que puedan reproducirse para dejar descendencia que renueve la población. Por otra parte, esas tallas menores implican menor peso, por lo que se requieren más organismos para completar el volumen que permita al pescador sacar su día, dando lugar a un círculo vicioso que incrementa la sobreexplotación.

En la comercialización de los productos pesqueros se ha dado prioridad a maximizar la ganancia sin considerar el valor real de los recursos; las consecuencias han sido contradictorias al generar un desarrollo que se opone a la conservación del ambiente (Mendoza y Sánchez, 1997).

Un aspecto crítico para los pescadores es que no obstante que con el producto de su trabajo por décadas se ha sustentado gran parte del crecimiento económico de la actividad pesquera, la participación real de ellos en los beneficios es mínima. Aún en muchos lugares permanecen en la marginación.

Para los pescadores artesanales, el hecho de tener una pesquería multiespecífica implica que su esfuerzo se dispersa y es quizá mayor del que ejercen los pescadores que concentran su esfuerzo sobre pocos recursos. Es necesario realizar evaluaciones tecnológicas que conduzcan a la optimización de los equipos y artes de pesca tomando en consideración el impacto que éstos generan sobre los ecosistemas.

Como se señaló anteriormente, la mayoría de las tierras veracruzanas tienen influencia en la zona costera. Asimismo, las diversas actividades que se realizan a lo largo del estado tienen alguna influencia en la zona costera y marina. El estado es rico

en recursos naturales y contribuyó en el 2006 con 4.3% del PIB nacional, ocupando del sexto lugar del país (INEGI, 2007).

Entre las actividades costeras más importantes se encuentra la actividad portuaria, siendo Tuxpan, Veracruz y Coatzacoalcos los puertos más importantes del estado. Los puertos de Veracruz manejan 29% de la carga total que se transporta vía marina en el país. Otra de las actividades de especial relevancia es la petroquímica. Veracruz tiene el tercer lugar en producción de petróleo crudo y primer lugar en producción petroquímica básica con 80% de la producción nacional. En la zona costera se encuentra el complejo Cangrejera-Pajaritos, uno de los más importantes del país.

En el norte del estado, se encuentra la laguna de Tamiahua, donde la actividad pesquera es predominante, sin embargo en Tampico Alto y la misma comunidad de Tamiahua se tiene una actividad turística incipiente, ya que se cuenta con una pequeña estructura hotelera cuyo turismo proviene principalmente de Tampico y lugares cercanos, además de Veracruz y México. Esta zona es de baja densidad poblacional y el principal atractivo turístico está en las lagunas costeras. La laguna de Tamiahua es además un sitio Ramsar, es decir, su conservación está protegida a través de un convenio internacional realizado en esa ciudad iraní.

Bajando al sur por la costa se encuentra el puerto de Tuxpan, uno de los más importantes en las costas del Golfo de México, ya que las características que aquí se conjuntan hacen de esta parte de la costa de Veracruz uno de sus sitios donde pueden realizarse diversas actividades costeras (FIGURA 6). Pero ello mismo da lugar a que algunas de tales actividades sean en ocasiones incompatibles entre sí; tal es el caso de la conservación de los arrecifes costeros que tiene la costa de Tuxpan, la actividad pesquera, la transportación marítima y la actividad turística del lugar.

Bajando hacia el sur de Tuxpan por la costa encontramos una zona agrícola en donde la principal actividad costera es la pesca que se realiza en pequeñas comunidades hasta llegar a la Costa Esmeralda, una zona costera a la que se ha impulsado para un desarrollo turístico y donde se encuentran hoteles, casas de “verano” y restaurantes.

Más al sur está la zona arqueológica de “Metates”, una zona de playa con un gran valor estético y cuya actividad turística se combina con la pesca para consumo local y en restau-

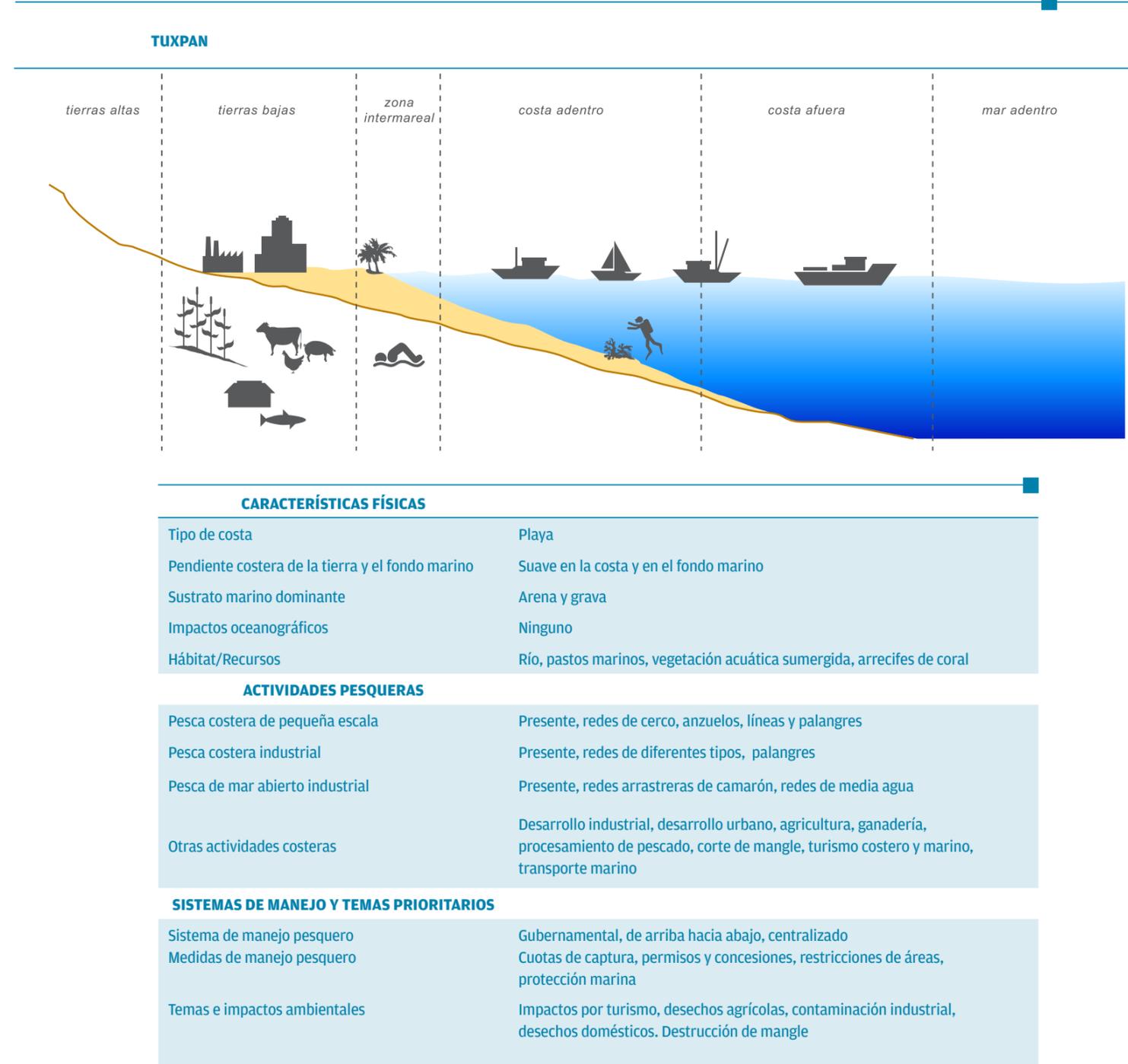


FIGURA 6. Transectos costeros de Tuxpan, Veracruz, México.

Fuente: Modificado, a partir de Règnault, Hervé, 2006. *Les littoraux*. Ed. Armand Colin, Col. Synthèse, serie Géographie, París, 96 pp.

rantes frecuentados por visitantes y turistas. Más hacia el sur existen algunos lugares en los que se desarrolla el turismo ecológico, y donde no se encuentran complejos hoteleros; es el caso destacadamente de la zona de La Mancha.

Como se ha hecho notar anteriormente, la composición y densidad poblacional están relacionadas con el desarrollo de las actividades en las diferentes zonas costeras y estas actividades dependen de los recursos que ahí se encuentran y de la historia de la costa. El perfil que se muestra en la FIGURA 7 corresponde a la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río. La vocación del puerto de Veracruz se define desde la llegada de los españoles, ya que desde un inicio este puerto se convierte en la entrada y salida de bienes y mercancías al país, desarrollándose como punto de comercio, ello lo hace un importante centro de atracción de población. Una de las características notables de este puerto son las zonas arrecifales que se encuentran justo enfrente del mismo. De hecho, el puerto originario es construido sobre el arrecife La Gallega. Este puerto es el tercero del país y el más importante de la parte mexicana del Golfo de México.

A su actividad portuaria, ha de agregarse el comercio y transporte que se llevan a cabo en esta zona y la cercanía a la capital de la república y a centros urbanos importantes como la ciudad de Puebla. Así, en Veracruz se combinan muy diversos usos, principalmente la actividad portuaria, el consiguiente comercio, la actividad turística y la pesca, que abastece tanto al turismo (hoteles y restaurantes) como a los mercados del interior del país. En este sentido, como se observa en las FIGURAS 6, 7, 8 y 9, en algunos puntos de la zona costera del estado de Veracruz tienen lugar actividades tan diversas que conforman todo un mosaico, que se han ido desarrollando a través del tiempo y que han conducido a diversos grados de crecimiento urbano. Estos crecimientos conllevan al cambio de uso de suelo y el consiguiente cambio del paisaje de vegetación natural a construcciones urbanas. Esto, aunado a la construcción de la infraestructura necesaria para mantener a los habitantes, hace que se generen situaciones en donde la costa es afectada tanto en su perfil como en la composición del agua marina, ya que los desechos de las ciudades, de las actividades de la industria petrolera y de otras industrias son vertidos al mar. Todos estos elementos producen un perfil costero de actividades y afectaciones que es complejo y que requiere de planes y medidas de manejo con la participación de los diferentes actores que inciden en las actividades de la costa.

La zona de Alvarado tiene un perfil costero de actividades principalmente pesqueras, como se ve en la FIGURA 8, sin embargo en la pesca intervienen varios tipos de flotas (artesanal costera, industrial costera e industrial de mar abierto y acuicultura).

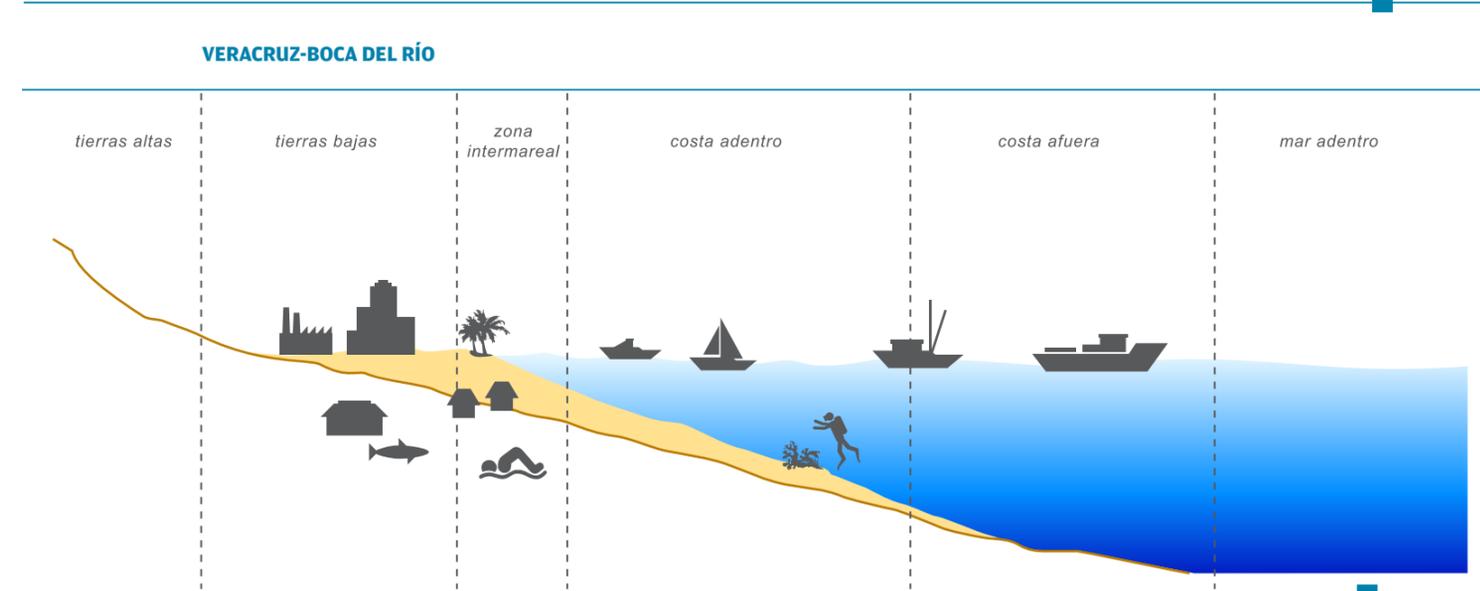
El perfil que presenta la FIGURA 9 es el de la zona portuaria de Coatzacoalcos, donde se encuentran actividades de industria, transporte de petróleo y otros bienes y pesca, principalmente, aunados al hecho de ser una ciudad con crecimiento moderado.

Entre las ciudades de Alvarado y Coatzacoalcos existen zonas costeras donde también se desarrolla el turismo ecológico y la pesca principalmente.

En el CUADRO 3 se presentan algunas ciudades de Veracruz que han tenido tasas de crecimiento importantes (León y Rodríguez, 2004). Se observa que Veracruz ha tenido un crecimiento mayor que el promedio nacional en el período 1990-1995, probablemente por el desarrollo que han tenido las actividades costeras en esa zona. Por otra parte, se observan varias poblaciones con crecimientos negativos que reflejan la emigración hacia otras ciudades, estados e incluso hacia los Estados Unidos.

RANGO NACIONAL	CIUDAD	TASA DE CRECIMIENTO	TASA DE CRECIMIENTO
		1990-1995 (%)	1995-2000 (%)
	República Mexicana	2.1	1.6
24	Coatzacoalcos	1.6	-0.5
25	Veracruz	3.0	1.3
156	Pánuco	1.9	0.7
233	Catemaco	1.4	0.7
242	Alvarado	0.3	-1.2

CUADRO 3. Tasa de crecimiento de las ciudades costeras de Veracruz (adaptado de León y Rodríguez, 2004).



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Tipo de costa	Playa
Pendiente costera de la tierra y el fondo marino	Suave en la costa y en el fondo marino
Sustrato marino dominante	Arena, grava y coral
Impactos oceanográficos	No
Hábitat/Recursos	Río, pastos marinos, vegetación acuática sumergida, mangle, arrecifes de coral

**ACTIVIDADES PESQUERAS**

Pesca costera de pequeña escala	Presente, redes de cerco, líneas y anzuelos
Pesca costera industrial	Presente, redes de media agua y arrastreras (demersales), palangre
Pesca de mar abierto industrial	Presente, redes de media agua y arrastreras (demersales), palangre
Otras actividades costeras	Desarrollo industrial moderado, desarrollo urbano, desarrollo portuario, tala de mangle, turismo costero, cultivo de moluscos, transporte marítimo

**SISTEMAS DE MANEJO Y TEMAS PRIORITARIOS**

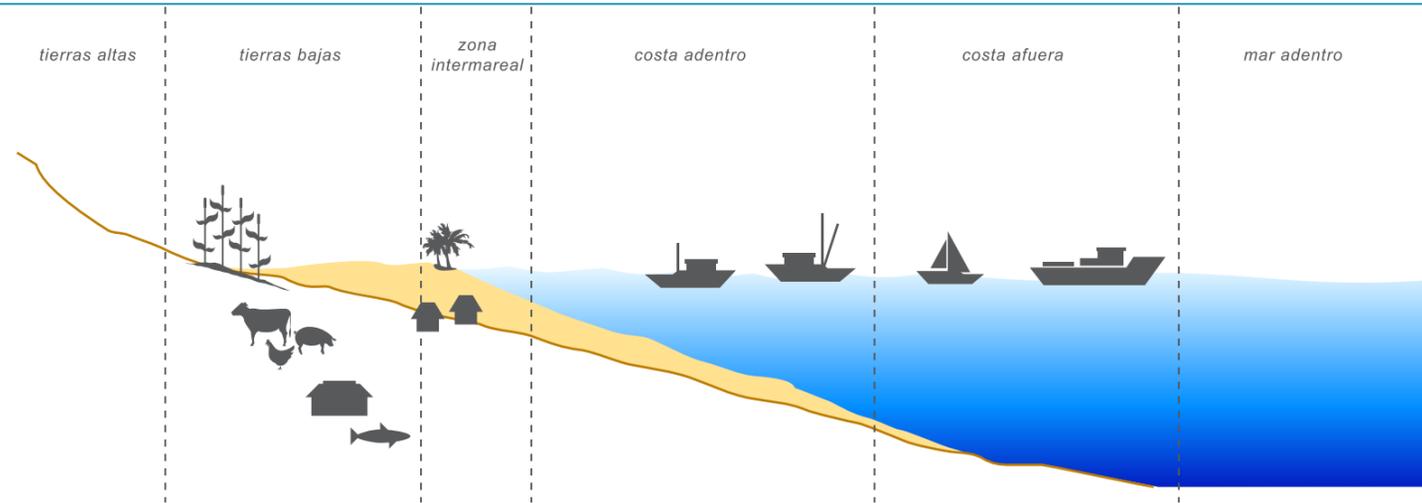
Sistema de manejo pesquero	Gubernamental, de arriba hacia abajo, centralizado
Medidas de manejo pesquero	Licencias, permisos, restricción de áreas, área marina protegida
Temas e impactos ambientales	Erosión, impactos por turismo, sobrepesca, alteración de los flujos de agua, desechos agrícolas, desechos domésticos y destrucción de manglares, destrucción de corales, contaminación industrial

FIGURA 7. Transectos costeros de Veracruz-Boca del Río, Veracruz, México.

Fuente: Modificado, a partir de Règnault, Hervé, 2006. *Les littoraux*. Ed. Armand Colin, Col. Synthèse, série Géographie, Paris, 96 pp.



**ALVARADO**



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Tipo de costa	Playa
Pendiente costera de la tierra y el fondo marino	Suave en la costa y en el fondo marino
Sustrato marino dominante	Arena y grava
Impactos oceanográficos	Ninguna
Hábitat/Recursos	Río, pastos marinos, vegetación acuática sumergida, mangle, <i>rangeland</i>

**ACTIVIDADES PESQUERAS**

Pesca costera de pequeña escala	Presente, redes de cerco, líneas y anzuelos
Pesca costera industrial	Presente, redes de media agua y arrastreras (demersales), palangre
Pesca de mar abierto industrial	Presente, redes de media agua y arrastreras (demersales), palangre
Otras actividades costeras	Agricultura, ganadería, procesamientos de productos pesqueros, asentamientos rurales, tala de mangle, cultivo de moluscos, cultivo de peces en jaulas

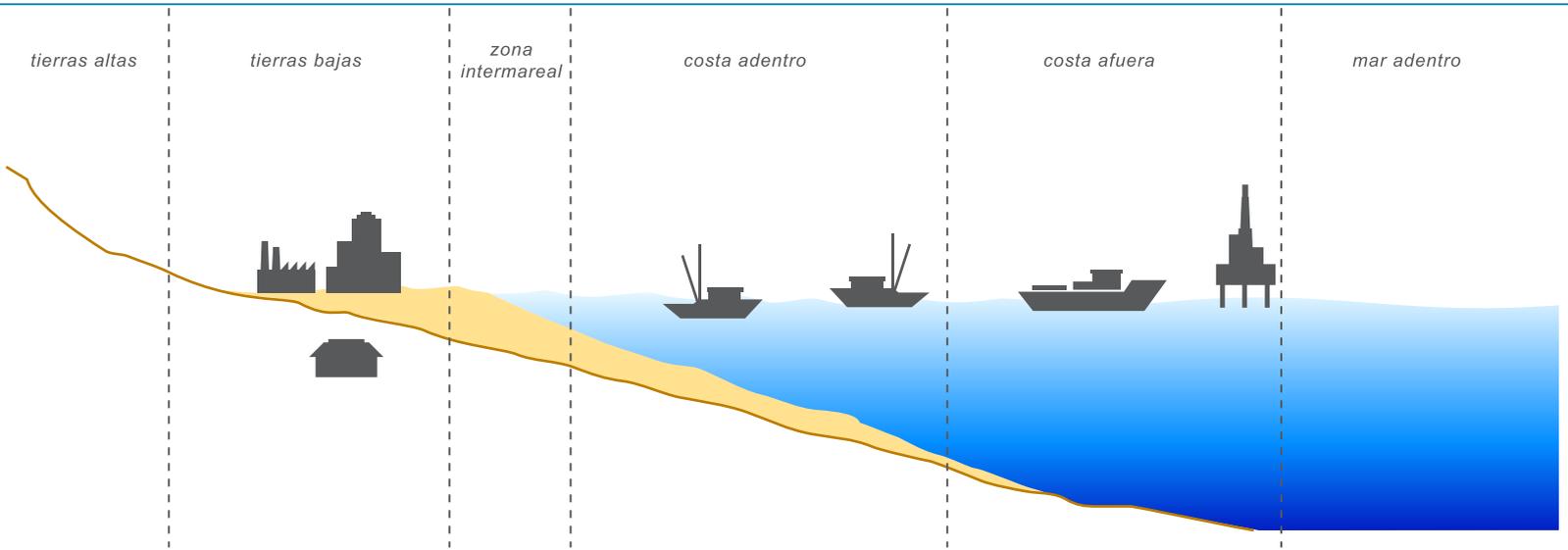
**SISTEMAS DE MANEJO Y TEMAS PRIORITARIOS**

Sistema de manejo pesquero	Gubernamental, de arriba hacia abajo, centralizado.
Medidas de manejo pesquero	N/D
Temas e impactos ambientales	Desechos agrícolas, desechos domésticos y destrucción de manglares

**FIGURA 8.** Transectos costeros de Alvarado, Veracruz, México.

Fuente: Modificado, a partir de Règnauld, Hervé, 2006. *Les littoraux*. Ed. Armand Colin, Col. Synthèse, serie Géographie, Paris, 96 pp.

**COATZACOALCOS**



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Tipo de costa	Playa
Pendiente costera de la tierra y el fondo marino	Suave en la costa y en el fondo marino
Sustrato marino dominante	Arena y grava
Impactos oceanográficos	Ninguno
Hábitat/Recursos	Río, pastos marinos, vegetación acuática sumergida

**ACTIVIDADES PESQUERAS**

Pesca costera de pequeña escala	Presente, redes de cerco, anzuelos
Pesca costera industrial	Presente, redes arrastreras de camarón
Pesca de mar abierto industrial	Presente, redes arrastreras de camarón
Otras actividades costeras	Desarrollo industrial, desarrollo urbano, procesamiento de pescado, desarrollo portuario, transporte marino, de petróleo y gas

**SISTEMAS DE MANEJO Y TEMAS PRIORITARIOS**

Sistema de manejo pesquero	Gubernamental, de arriba hacia abajo, centralizado
Medidas de manejo pesquero	Cuotas de captura, permisos y concesiones, restricciones de áreas, protegido en tierra
Temas e impactos ambientales	Sobrepesca, contaminación industrial, derrames de petróleo, desechos domésticos, reducción de la biodiversidad, sobrepoblación

**FIGURA 9.** Transectos costeros de Coatzacoalcos, Veracruz, México.

Fuente: Modificado, a partir de Règnauld, Hervé, 2006. *Les littoraux*. Ed. Armand Colin, Col. Synthèse, serie Géographie, París, 96 pp.