

## HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE Y PRECIPITACIONES INTENSAS 2005 EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Domitilo Pereyra Díaz<sup>1</sup>  
J. A. Agustín Pérez Sesma<sup>1</sup>

### Resumen

En este capítulo se describe brevemente la hidrografía del estado de Veracruz, así como sus principales aprovechamientos hidráulicos. En una sección posterior se presentan los mapas de isoyetas que muestran las precipitaciones que generaron algunos fenómenos atmosféricos sobre el estado de Veracruz durante 2005, tales como ondas tropicales, tormentas tropicales y huracanes. Dichas precipitaciones generaron escurrimientos que causaron inundaciones en las partes bajas de algunas cuencas del estado. También se menciona el número de municipios afectados por dichos fenómenos atmosféricos. Entre estos fenómenos atmosféricos se encuentra el huracán Stan que impactó con categoría I al estado, en la zona de Los Tuxtlas, y que fue el que más daños causó a la entidad.

Palabras clave: cuenca, aguas abajo, aguas arriba, afluente, histograma, hidrograma.

### Abstract

This chapter briefly describes the hydrographs of the state of Veracruz and its principal hydraulic uses. A following section presents maps of isohyets, which show the rainfall generated by some atmospheric phenomena in the state of Veracruz during 2005, such as tropical waves, tropical storms and hurricanes. The mentioned rainfalls generated overflows causing floods in the lower parts of some river basins in the state. The number of municipalities affected by these atmospheric phenomena is also referred to. Hurricane Stan is among the mentioned phenomena, which had a category 1 impact on the state of Veracruz, in the Los Tuxtlas area, causing the most damage to the state.

Key words: Basin, lower waters, higher waters, tributary, histogram, hydro-gram.

---

<sup>1</sup>Departamento de Hidrometeorología de la Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, zona universitaria, Xalapa, Veracruz. C. P. 91090. dpereyra@uv.mx

## Introducción

La información acerca de escurrimientos en una sección de interés sobre una corriente, es necesaria para diseñar obras de aprovechamiento o de protección. En muchas ocasiones, el diseñador se encuentra con poca o ninguna información de mediciones directas que le permitan conocer la historia de los escurrimientos en el sitio de interés, por lo que tiene que recurrir a estimarlos a partir de los datos de precipitación. Además, cuando la cuenca ha estado o estará sujeta a cambios de importancia como por ejemplo, la construcción de obras de almacenamiento, urbanización y desforestación en algunas partes, entre otros, estos cambios modifican el régimen del escurrimiento, por lo que su registro histórico no representa correctamente el comportamiento futuro de la corriente. En esos casos, y evidentemente en los problemas de predicción de avenidas a corto plazo, es necesario contar con un modelo que permita estimar los escurrimientos a partir de las características de la lluvia, tomando en cuenta las condiciones de la cuenca (Fuentes, *et al.*, 1981).

Es evidente que la relación entre la precipitación y el escurrimiento es compleja; depende por una parte de las características físicas de la cuenca y, por otra, de la distribución de la lluvia en la cuenca y en el tiempo (Viessman, 1977; Linsley, *et al.*, 1986; Ponce, 1989). Debido a lo complejo del fenómeno y a que la cantidad y calidad de la información disponible varía de un problema a otro, se ha desarrollado una gran cantidad de métodos para relacionar la lluvia con el escurrimiento. Dichos métodos van desde simples fórmulas empíricas, hasta modelos extremadamente detallados basados en principios físicos (Fuentes *et al.*, 1981; Domínguez *et al.*, 1999; Aparicio, 2002).

Por otro lado, cuando se presenta un fenómeno meteorológico como los ciclones tropicales, éstos suelen generar grandes cantidades de lluvia que al escurrir, sobre suelos saturados, producen inundaciones, muchas veces, en las partes bajas de las cuencas, que es el caso del estado de Veracruz.

El objetivo del estudio es conocer el impacto, por inundaciones, de los fenómenos atmosféricos severos que azotaron al estado de Veracruz en el año 2005. Para ello en este capítulo se describe primero, en forma breve, la hidrografía del estado de Veracruz, se presentan los mapas de isoyetas, que fueron construidos con los registros pluviométricos que generaron dichos fenómenos atmosféricos, así como los municipios afectados por las inundaciones causadas por los escurrimientos extraordinarios.

## Cuencas que drenan al estado de Veracruz

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 (Islas y Pereyra, 1990; INEGI, 2005).

### **Cuenca del río Pánuco**

La cuenca del río Pánuco se encuentra situada geográficamente entre los 19°01' y 23°05' latitud norte, y entre 97°50' y 101°21' longitud oeste; 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 porcentualmente dentro de las siguientes entidades federativas: 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 msnm en el parteaguas que separa a la cuenca del río Lerma con 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 del Río a una elevación de 1 640 msnm,



**Mapa 1.** Principales ríos que drenan el estado de Veracruz y que desembocan al Golfo de México.

donde recibe el nombre de río Moctezuma y cambia su trayectoria hacia el NNE, que conserva hasta su confluencia con el Extóraz. En este tramo se empieza a introducir a la Sierra Madre Oriental donde la topografía es accidentada, incrementándose ésta a medida que desciende la corriente (Islas y Pereyra, 1990).

A los 930 msnm, recibe por su margen izquierda las aportaciones del río Extóraz, y 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., confluye por su margen derecha el río Amajac a 120 msnm, donde inicia su recorrido por la planicie costera, cambiando su trayectoria hacia el noreste hasta la confluencia con el río Tempoal.

Desde la confluencia del río Tempoal hasta la del río Tampaón, el Moctezuma sigue su recorrido NNE discurriendo por una zona de topografía suave, en la que las máximas elevaciones no exceden los 150 m, existiendo algunas pequeñas lagunas en sus márgenes. A partir de la confluencia del río Tampaón, el río Moctezuma recibe el nombre de río Pánuco y sigue su trayectoria ENE hasta su desembocadura en el Golfo de México. El último tramo del 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, Chairel 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; la potencialidad de la cuenca en el aspecto de riego, principalmente, es de suma importancia debido a la gran extensión de terrenos en la llanura costera apropiados para ello y por los grandes volúmenes de agua dulce disponible.

### **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; 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 2750 msnm, 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 afluyen al colector entre los 100 y 80 msnm, 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 msnm con la aportación 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 le 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; aguas abajo por su margen izquierda afluye 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 Tumulco, 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 como sus afluentes. En las márgenes del río Tuxpan se localizan extensas áreas planas que podrían ser habilitadas para distritos de riego, lo cual permitiría aumentar la producción agrícola del estado de Veracruz (Islas y Pereyra, 1990).

### **Cuenca del río Cazones**

La cuenca del río Cazones se encuentra situada geográficamente entre los 20°03' y 20°45' latitud norte, y entre 97°12' y 98°18' longitud oeste; tiene un área aproximada de 2 688 km<sup>2</sup>, distribuida entre los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz (CONAGUA, 2005).

Los arroyos formadores de esta corriente descienden de la sierra de Hidalgo; nacen en el parteaguas que limita al río Tulancingo, 10 km al este de la ciudad del mismo nombre a una elevación de 2 750 msnm dando lugar a la formación del arroyo Chaltecontla el que en sus orígenes se denomina río Los Reyes. Su curso sigue su rumbo noreste y sus aguas se controlan en la presa Los Reyes a 2 165 m de altitud; con ellas se alimenta el vaso Necaxa, mediante un túnel que conduce las aguas de la presa al arroyo Tlalcoyunga y de éste por un canal a la planta hidroeléctrica de Texcapa. Aguas abajo de la presa Los Reyes todavía en la zona abrupta de la Sierra y a 1000 msnm se une al río Pahuatitla al que a su vez afluye por su margen izquierda el río Trinidad.

Desde la confluencia de los arroyos Chaltecontla y Pahuatitla la corriente recibe el nombre de río San Marcos; su curso sigue dirección noreste por zonas de topografía media en donde afluyen por la margen derecha los arroyos Naupan, Tlaxcalantongo y Chcualoque a elevaciones de 550, 150 y 80 m, respectivamente hasta la zona de Poza Rica, Ver., desde donde fluye por la planicie costera con el nombre de río Cazones, desembocando al Golfo de México, a través de la

Barra de Cazonos, después de drenar los esteros de Naranjos por su margen izquierda y Limón por la derecha. Aguas abajo de la ciudad de Poza Rica recibe por la margen izquierda los arroyos Totolopa, Acuatempa y Naranjos y por la margen derecha el estero Limón (Islas y Pereyra, 1990).

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

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

### **Cuenca del río Tecolutla**

La cuenca del río Tecolutla se encuentra entre los paralelos 19°28' y 20°30' de latitud norte y entre los meridianos 96°58' y 98°15' de longitud oeste del meridiano de Greenwich (CONAGUA, 2005). Políticamente está ubicada en los estados de Tlaxcala, Hidalgo, Puebla y Veracruz; el área que drena, hasta la desembocadura en el Golfo de México, se estima en 7 342 km<sup>2</sup> (C.F.E., 1977).

En la cuenca se pueden distinguir tres zonas: a) La parte alta, en la Sierra Madre Oriental, en la que los cauces se encuentran alojados en cañones angostos y profundos con fuertes pendientes. b) La parte intermedia en donde disminuye la pendiente del cauce y es posible construir vasos de almacenamiento para generar energía eléctrica. c) La parte baja que atraviesa la planicie costera del estado de Veracruz, hasta la desembocadura en el Golfo de México (C.F.E., 1977).

Los arroyos que dan origen a esta importante corriente nacen en la Sierra de Puebla en los distritos de Huauchinango, Zacatlán, Acatlán y Teziutlán. La corriente principal recibe los nombres de arroyo Zapata, río Coyuca, río Apulco y finalmente río Tecolutla. Los afluentes principales son los ríos Xiucayucan, Tehuantepec, Laxaxalpan; en el curso medio recibe las aportaciones del arroyo Joloapan y río Chichicotzapa. El colector general tiene su origen en el arroyo Zapata, a una elevación de 3 500 msnm y 20 km al norte de Huamantla de Juárez, Tlax., afluyen a él los arroyos Huicolotla y Los Lobos por la margen izquierda, a partir de estas confluencias recibe el nombre de río Coyuca. Su curso se desarrolla a 2 000 m de altitud en el estado de Puebla, donde recibe por la margen izquierda los arroyos Tetzoncuahuixtic y San José y por la margen derecha los arroyos Texocuixpan y Tlapizqaco; en este sitio el colector se empieza a llamar río Apulco. En su recorrido el colector general recibe a 1 460 m de altitud al arroyo La Gloria.

La corriente principal recibe por su margen derecha otros dos afluentes de importancia que son los arroyos Xilita y Santalaco. El primero nace en el Cerro Caculco a 2 500 msnm a 2 km al oeste de Zacapoaxtla, Pue. y después de un recorrido de 7 km se une al colector a 1 000 m de elevación y a 3.5 km aguas abajo de la confluencia del arroyo La Gloria. Sobre este afluente se encuentra la planta hidroeléctrica Xilita. Respecto al arroyo Santalaco su origen se sitúa a 4 km al este de Zacapoaxtla, a 2 500 m de altitud cruzando por una topografía abrupta.

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

Al iniciar su recorrido por la planicie costera el río Apulco recibe por su margen derecha al arroyo La Aurora y por su margen izquierda la afluencia del río Cuichat. Otros afluentes de importancia del río Apulco, que afluyen por su margen izquierda, son los ríos Tecuantepec y

Laxaxalpan, que tienen como subafluente al río Necaxa. Los afluentes antes descritos confluyen al colector en la planicie costera y a partir de esta zona a la corriente se le conoce con el nombre de río Tecolutla. En el curso bajo por su margen derecha recibe las aportaciones del arroyo Mexonate y río Joloapan. Éste nace con el nombre de río El Encanto al sureste de Mexcalcuahutla, Pue., 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 Necaxa, que pertenece a la compañía de Luz y Fuerza Motriz. 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 Acatlán que se ubica al oriente de la población de Huachinango, Pue. 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 km<sup>2</sup>, la cual está distribuida en una pequeña porción en el estado de Puebla y la mayor parte en el estado de Veracruz (C.F.E., 1977).

El río Nautla nace en la Sierra Madre Oriental, en el Cofre de Perote, a una altitud de 4 150 m. Al inicio se le conoce con el nombre de arroyo Borregos cuyo 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 debajo de la confluencia del arroyo Las Ánimas afluye por la margen derecha el río Puerco; a 3 km aguas 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. A 3 km aguas abajo recibe por la margen derecha la aportación del arroyo Tenexpanoya, su rumbo cambia 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., le fluye al río Bobos, y 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 afluyen 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, el que discurre a través de una zona de meandros, pasa cerca del poblado de Nautla y se desvía hacia el norte desembocando 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 14 400 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.

### **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. Tiene un área aproximada de 2 000 km<sup>2</sup>, distribuida toda dentro del estado de Veracruz (CONAGUA, 2005).

El río Actopan nace en las faldas del Cofre de Perote a 3 000 m de altitud, su curso sigue en dirección noreste a través de 21 km de terreno montañoso capturando por ambos 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 le afluye por la margen izquierda el río Chapapote. A partir del 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, afluye a 50 msnm 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 las 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 lps, que sumados con el escurrimiento del arroyo Almolonga, dan un gasto de 510 lps 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 ha 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 (C.F.E., 1977).

El río La Antigua nace en la Sierra Madre Oriental, con el nombre de río Resumidero, a una altitud de 3 350 msnm, al oriente de la población González Ortega del estado de Puebla. Fluye hacia el sureste en terreno montañoso y a la altura del Rancho Calixitla, 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 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 Jalcomulco, Ver., a 4.5 km aguas abajo afluye por su margen izquierda el arroyo Tlacoyonca, continuando el colector su flujo, cerca del poblado Agazapan, 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 ha 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 drén que tiene una capacidad de 8 m<sup>3</sup>/s.

### **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.

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 en una zona limítrofe de los estados de Puebla y Veracruz a 5 700 msnm 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 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 Córdoba, Ver., en el Cerro Loma Grande a 1 750 msnm. Sobre este río

se encuentra la presa derivadora Sta. 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 afluye al colector general a 450 msnm, 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 afluye por la margen derecha el arroyo Cuatro Caminos que nace a 1 km al sureste de Yanga, Ver., a 500 msnm. 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 debajo 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 msnm. 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 msnm, su cauce sigue un rumbo sureste en zonas de topografía media.

Después de la afluencia anterior, el colector de afluentes fluye como río Paso de los Gasparines bordeando cerro 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 Ixcualco. 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 msnm.

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

*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 (CANAGUA, 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 (S.A.R.H., 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. A continuación se describen sus principales afluentes:

El río Blanco nace en la Sierra de Zongolica en las faldas del Pico de Orizaba y va a desembocar directamente a la laguna de Alvarado. En sus márgenes se desarrolló la primera zona industrial de la cuenca y se encuentran dos ciudades muy importantes que son Córdoba y Orizaba.

El río Tonto nace en las estribaciones de la sierra Mazateca y es el afluente más importante de su margen izquierda. Debido a que su cuenca está situada en la zona de alta precipitación, a pesar de su pequeña extensión, produce aproximadamente el 20% del volumen medio anual que descarga el río Papaloapan al Golfo del México a través de la Barra de Alvarado. Por las características de su cauce es un río maduro, sus aguas llevan el porcentaje de azolve más bajo del sistema fluvial, debido a que la mayor parte de la cuenca está cubierta de vegetación.

El río Salado que drena el valle poblano-oaxaqueño y la Alta Mixteca, tiene la subcuenca más árida y desforestada del sistema fluvial, produciendo por esta razón más del 60% de los azolves que llegan al río Papaloapan. En Quiotepec se une el río Grande que drena a la sierra de Juárez y las estribaciones de la sierra oaxaqueña, formando entre los dos al río Santo Domingo, que drena en su recorrido al cañón del mismo nombre, constituyéndose aguas abajo en el cauce principal del río Papaloapan después de recibir por la margen derecha las aportaciones de los ríos Santa Rosa y Valle Nacional y por la izquierda al río Tonto.

En el extremo inferior, cerca de su desembocadura, el río Papaloapan recibe las aportaciones, por la margen derecha, de los dos afluentes meridionales más importantes: el río Tesechoacán y el San Juan Evangelista, que bajan de las estribaciones del nudo de Zempoaltépetl. Después de la confluencia con el río San Juan Evangelista el Papaloapan fluye en dirección norte, en cuyo recorrido recibe por la margen izquierda las aportaciones de la laguna de Alvarado; finalmente desemboca en el Golfo de México a través de la Barra de Alvarado.

*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 1947-4 de noviembre de 1986) realizó distintas obras, entre las que sobresale la presa Miguel Alemán Valdez (inaugurada en 1958). Esta presa está localizada sobre el río Tonto, en el sitio denominado Temascal; 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 la década de los setenta y ochenta se construyó la presa Cerro de Oro, sobre el río Santo Domingo, aguas abajo de su confluencia con el río Usila, también llamada Miguel de la Madrid, la cual sirve para generar energía eléctrica, controlar avenidas y el azolve que arrastra el río Santo Domingo, el cual es el 60% del total que transporta el río Papaloapan. La capacidad de almacenamiento de esta presa es de 5 380 millones de metros cúbicos, la tercera más grande del país.

En las sabanas de la planicie costera se opera el distrito de riego de río Blanco, unidades Joachín y Piedras Negras que cubre una superficie de 30 000 ha.

En la subcuenca del río Salado, uno de los principales afluentes del río Santo Domingo, se ha construido una serie de presas derivadoras y canales que permiten aprovechar para riego, al máximo, 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).

### **Cuenca del río Coatzacoalcos**

La cuenca del río Coatzacoalcos se encuentra geográficamente entre los 16°38' y 18°22' latitud norte, y los 94°11' 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.

El sistema hidrográfico del río Coatzacoalcos es el tercero de importancia en el 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 msnm; 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 ambos 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.

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 msnm.

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 msnm, 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. El primero es el Solosúchil, que también nace en Oaxaca, fluye hacia el norte recibiendo al río Chalchijapa 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 Minatitlán. El último afluente importante que recibe por la margen derecha es el Uxpanapan, que se une al cauce principal a 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 msnm; fluye en dirección norte y 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.

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 que baja de las partes altas.

*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 confluencia citada anteriormente,

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. Tiene un área aproximada de 5 679 km<sup>2</sup>, distribuida entre los estados de Tabasco y Veracruz (S.R.H., 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 msnm; 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 msnm, 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 en el cerro de Mono Pelado, fluye hacia el noreste, pasa por Pueblo Viejo y San Pedro y entra en Tlancochapa, 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 Tlancochapa 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.

### **Fenómenos atmosféricos que azotaron al estado de Veracruz en 2005**

El estado de Veracruz es azotado frecuentemente por dos tipos de masas de aire, la tropical en verano y la polar en invierno. Existen periodos de transición cuando se pasa de una temporada a otra y estas masas de aire se van alternando; en ocasiones no hay una situación bien definida. Durante el invierno el aire polar del Hemisferio Norte avanza hacia el sur. En el verano llega del oriente al estado de Veracruz aire tropical (cálido y húmedo).

La presencia de aire polar en la parte veracruzana de la vertiente del Golfo de México puede ocurrir de octubre a mayo, el cual a veces lo hace como frente frío (norte) y consiste en un desprendimiento de la masa polar por el norte del Golfo de México cuyo efecto no es muy profundo. En junio ya se estableció el aire tropical; su forma de manifestarse son los vientos alisios, que soplan del Golfo al continente. En ocasiones, en los vientos alisios viajan las "ondas del este", cuyo eje cambia de dirección e intensidad ocasionando una inestabilidad atmosférica. Las depresiones, tormentas y ciclones tropicales (huracanes) son graduales acentuaciones de estas ondulaciones en la circulación tropical. Las "ondas del este" se forman en el Atlántico e ingresan al territorio continental después de cruzar la península de Yucatán. Cuando las ondas del este alcanzan el nivel de depresión o tormenta tropical y llegan a chocar o a pasar cerca del territorio nacional, dejan tras de sí considerables cantidades de lluvia en la vertiente del Golfo de México. Su máxima ocurrencia es en septiembre aunque pueden presentarse desde mayo hasta noviembre (Tejeda, *et al.*, 1989).

Durante el año 2005 el estado de Veracruz fue azotado, de manera severa, por algunos fenómenos tropicales que se mencionan a continuación:

- a) La Onda Tropical No. 28 que durante los días 21 y 22 de junio generó gran cantidad de lluvia en la parte sur del Estado, principalmente en la zona selvática de Los Tuxtlas, donde dejó al menos 10 poblaciones inundadas y 20 comunidades afectadas en los municipios de

Santiago y San Andrés Tuxtla. También, se reportaron daños menores en poblados serranos de Huatusco y Zongolica en la región centro de Veracruz (PCEV, 2005). Estas precipitaciones afectaron, en menor grado, a las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos (mapa 2).



**Mapa 2.** Distribución espacial de la precipitación generada por la Tormenta Tropical No. 28.

- b) La tormenta Tropical Gert que durante el periodo del 23 al 25 de junio originó grandes cantidades de lluvia en la parte norte del Estado, afectando a 24 municipios, ubicados en las cuencas de los ríos Cazones, Tuxpan y Pánuco, dentro de los que se cuentan las poblaciones de Cerro Azul, Chicontepec, Ozuluama, Pánuco, Platón Sánchez, Pueblo Viejo, Tamiahua, Tantoyuca y Cazones, entre otros (mapa 3).



**Mapa 3.** Distribución espacial de la precipitación generada por la Tormenta Tropical Gert.



- e) El Huracán Stan que impactó con categoría I al estado de Veracruz, en la zona de Los Tuxtlas, y que fue el que más daños causó a la entidad. Durante los días del 1° al 5 de Octubre precipitó una gran cantidad de lluvia en la parte centro y sur del Estado y en menor cantidad en la parte norte del estado. Las cuencas que se vieron afectadas, principalmente, fueron las de los ríos Papaloapan, Jamapa, La Antigua, Actopan, Nautla, Tecolutla, Cazones y Tuxpan. Estas precipitaciones afectaron un total de 148 municipios del Estado, dentro de los lugares más afectados se encontró la ciudad de Veracruz (mapa 6).



**Mapa 6.** Distribución espacial de la precipitación generada por el huracán Stan.

Otros fenómenos atmosféricos que afectaron, en menor grado, al estado de Veracruz, durante el mes de octubre, fueron los frentes fríos número 2, 4 y 7.

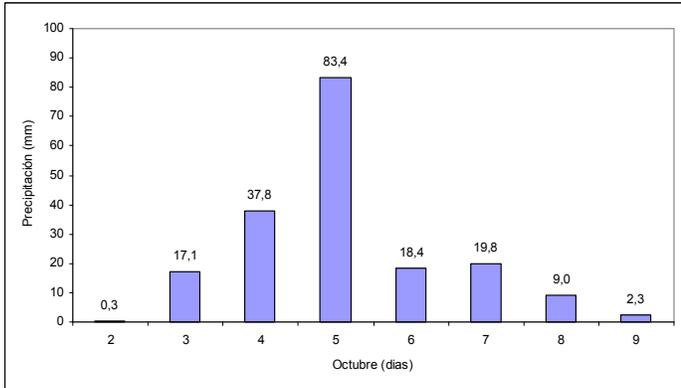
**Conclusiones**

La relatoría anterior indica que la entidad veracruzana fue seriamente afectada por fenómenos atmosféricos que generaron precipitaciones y escurrimientos extraordinarios en las cuencas que drenan al estado. Dichos escurrimientos provocaron desbordamientos e inundaciones en varios ríos de la entidad, causando pérdidas materiales a la población de los municipios afectados.

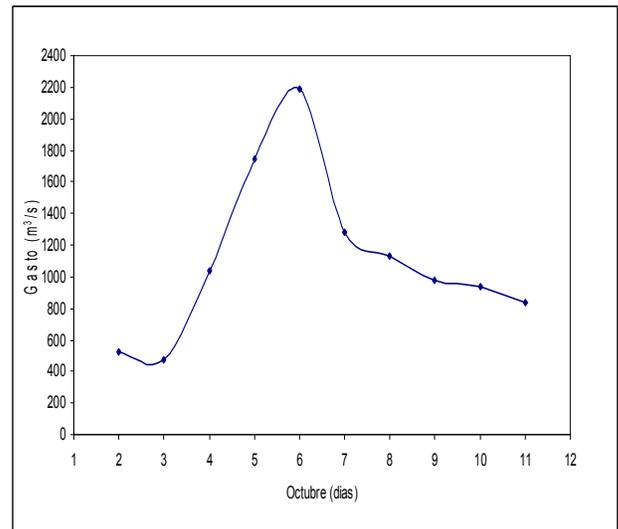
Las figuras 1 a 6 muestran los hietogramas de precipitación y los hidrogramas del escurrimiento, generado por las lluvias del Huracán Stan para las cuencas de los ríos Papaloapan, Jamapa y Tecolutla. Se observa en la figura 6 un escurrimiento extraordinario de 7 901 m<sup>3</sup>/s para la estación El Remolino, ubicada sobre el río Tecolutla, el cual causó inundaciones en la zona de Tecolutla y Gutiérrez Zamora. Este escurrimiento es el segundo más grande después de los 8 321 m<sup>3</sup>/s registrado en agosto de 1981.

Lo ocurrido en la entidad veracruzana durante el año 2005 fue algo parecido a lo acontecido en octubre del año 1999 en las cuencas de los ríos Nautla y Tecolutla, entre otras, donde hubo pérdida de vidas humanas (Pereyra, *et al.*, 2002). Esta recurrencia se puede deber a que cada vez son más frecuentes los fenómenos atmosféricos que impactan al estado, y a que la cobertura vegetal de algunas cuencas ha ido disminuyendo en las partes altas de éstas, por el cambio de uso del suelo, lo que origina que haya poca infiltración hacia los mantos freáticos y, por lo tanto, mayor escurrimiento hacia las partes bajas, generando desbordamiento de ríos.

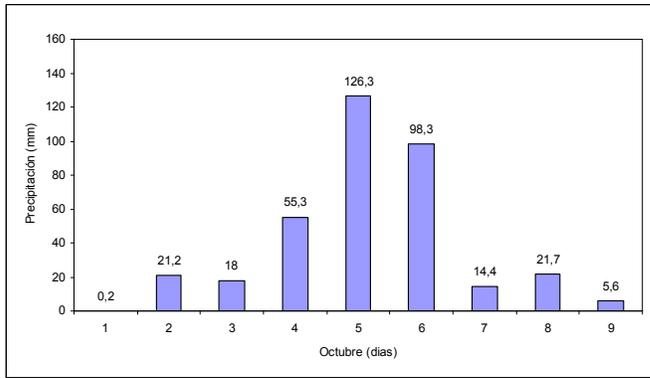
Debido a que se pierde gran cantidad de agua dulce a través de los ríos que drenan al estado de Veracruz, se recomienda reforestar las partes altas de las cuencas y construir vasos de almacenamiento en la parte intermedia de algunas cuencas, donde la pendiente de los cauces disminuye y se amplían éstos, como la de los ríos Nautla, La Antigua, Actopan, entre otros, con fines de aprovechamiento urbano.



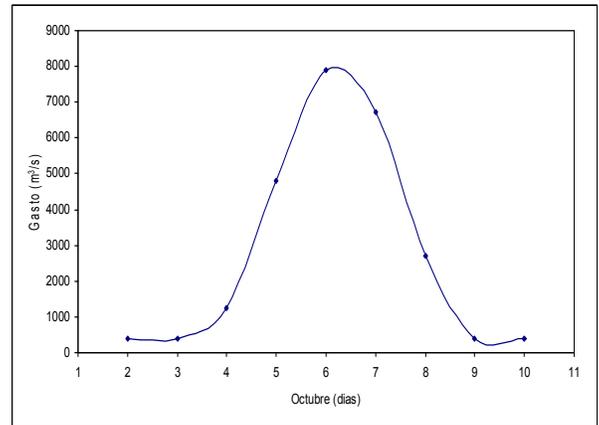
**Figura 1.** Hietograma originado por el Huracán Stan para la cuenca del río Papaloapan.



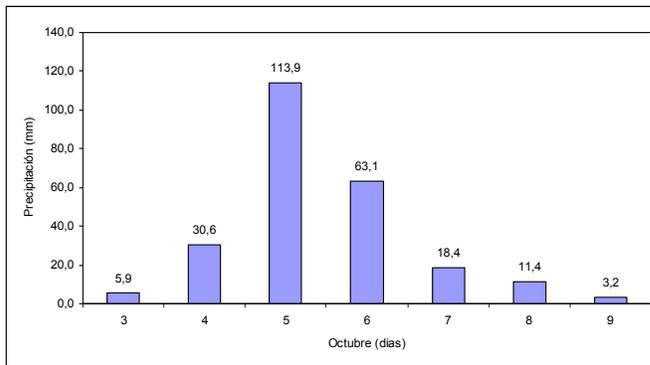
**Figura 2.** Hidrograma originado por el Huracán Stan para la cuenca del río Papaloapan (Estación: Papaloapan).



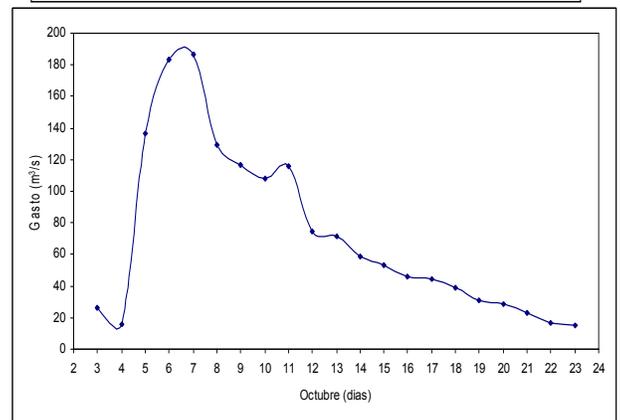
**Figura 3.** Hietograma originado por el Huracán Stan para la cuenca del río Teicolutla.



**Figura 4.** Hidrograma originado por el Huracán Stan para la cuenca del río Teicolutla (Estación: El Remolino).



**Figura 5.** Hietograma originado por el Huracán Stan para la cuenca del río Jamapa.



**Figura 6.** Hidrograma originado por el Huracán Stan para la cuenca del río Jamapa (Estación: El Tejar).

### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Subgerencia de Programación y al Departamento de Hidrometeorología de la Gerencia Regional Golfo Centro de la Comisión Nacional del Agua, así como a la División Hidrométrica Golfo de la Comisión Federal de Electricidad por la información proporcionada y el apoyo brindado en el desarrollo del presente estudio.

### Referencias bibliográficas

- Aparicio F., (2002), *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Ed. Limusa, Noriega Editores, 303 pp.
- C.F.E., (1977), *Boletín Hidrométrico: Cuenca del río Tecolutla*. Comisión Federal de Electricidad. Vol. No. 7.
- C.F.E., (1980), *Sistema Hidrológico Costa de Veracruz*. Gerencia de Ingeniería Civil, Departamento de Hidrometeorología de la Comisión Federal de Electricidad. Plano No. 3. Escala 1:250 000.
- Chow, V. T., D. R. Maidment y L. W. Mays, (1994), *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill, Colombia, 584 pp.
- CONAGUA, (2003), *Mapa de Ríos Principales de la República Mexicana*, escala 1:2 700 000. Subgerencia General de Programación, Sistema de Información Geográfica del Agua, de la Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA, (2005), *Mapa Hidrológico*, escala 1:1 000 000. Sistema de Información Geográfica del Agua, Subgerencia de Programación de la Gerencia Regional Golfo Centro de la Comisión Nacional del Agua.
- Domínguez, M. R., D. Pereyra, L. Gómez, I. Sosa y J. A. A. Pérez, (1999), *Estimación de las Características de Infiltración Puntual en los Diversos Suelos de la Cuenca del Río Ídolos y su Relación con la Infiltración Global de dicha Cuenca*. Universidad veracruzana e Instituto de Ingeniería de la UNAM. Informe Técnico del proyecto 0640P-A patrocinado por CONACYT, 53 pp.
- Fuentes, O., R. Domínguez y V. Franco, (1981), Relación entre Precipitación y Escurrimiento. *Manual de Diseño de Obras Civiles*, Sección Hidrotecnia. C.F.E., 66 pp.
- Isla, O. R. M. y D. Pereyra, 1990. *Aspectos Físicos y Recursos Naturales del Estado de Veracruz III*. Col. Textos Universitarios, Universidad Veracruzana, 29 pp.
- Linsley, R. K., M. A. Kohler and J. L. Paulhus, (1986). *Hidrología para Ingenieros*. McGraw Hill, México, 386 pp.
- Pereyra, D., (1985), *Análisis de Tormentas y Avenidas de Diseño en Subcuencas del Río Papaloapan*. Inf. Técnico para la SEP., Centro de Meteorología Aplicada de la Facultad de Física, Universidad Veracruzana, 75 pp.
- Pereyra, D. y A. Hernández, (1987), *Avenida de Diseño para el Proyecto Hidroeléctrico Espinal, Veracruz*. Universidad Veracruzana, Informe Técnico elaborado para la División Hidrométrica Golfo de C.F.E., 40 pp.
- Pereyra, D., (1993), Estimation of the Desing Flood of Tecolutla River, Mexico, Using the Probable Maximun Rainfall. *Geofísica Internacional*, 32(1): 35-39.
- Pereyra, D., L. Gómez y J. A. A. Pérez, (2002), Escurrimientos Máximos Estimados por la Cuencas de los Ríos Tecolutla y Bobos del 3 al 9 de Octubre de 1999. *Revista Higiene*. 4(2): 1-7.
- Pilgrim, D. H. and I. Cordey, (1993), Flood Runoff. Capítulo 9 del *HandBook of Hydrology*. Editor David R. Maidment. McGraw Hill, USA, pp.9.1-9.42.

PCEV, 2005. *Boletín*. Subsecretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz.

Ponce, V. M., (1989), *Engineering Hydrology: Principles and Practices*. Prentice-Hall, Inc., USA, 640 pp.

Rendón, L. G., (1989), *Hidrología y Drenaje Agrícola del Estado de Veracruz*. Editora del Gobierno del Estado de Veracruz, 47 pp.

S.A.R.H., 1976. Cuenca del Río Papaloapan. Comisión del Papaloapan, *Boletín Hidrométrico* No. 23.

S.M.S., (1999). Surfer Version 7.00. *Surface Mapping Sytem*, Goleen Software, Inc, USA.

Tejeda, M., A., F. Acevedo y E. Jáuregui, (1989), *Atlas Climático del Estado de Veracruz*. Col. Textos Universitarios, Universidad Veracruzana. 150 pp.

Viessman, W., J. W. Knapp, G. L. Lewis and T. E. Harbaugh (1977). *Introduccion to Hydrology*, Harper & Row, Publisher, Inc. U.S.A., 704 pp.

**Páginas web consultadas:**

[\[http://sgp.cna.gob.mx/publico/mapoteca/rios/riosmex.htm\]](http://sgp.cna.gob.mx/publico/mapoteca/rios/riosmex.htm)