

**Comisión Federal de Electricidad (CFE).**

Estima los daños sufridos en las instalaciones y servicios de generación de energía eléctrica, así como los riesgos latentes, identificando las consecuencias que pudieran presentarse a corto y mediano plazo. Proporciona la energía eléctrica en la zona de desastre y realiza las acciones de rehabilitación del suministro. Proporciona los recursos humanos, equipos, materiales y medios de transporte aéreo, terrestre, marítimo y fluvial de que dispone para apoyar las acciones de transporte, comunicaciones y remoción de escombros.

**Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).**

Recibe información procedente de las fuentes de monitoreo, respecto al comportamiento de los fenómenos perturbadores y a la ocurrencia de desastres. Analiza la información sobre los fenómenos perturbadores y del estado que guardan los diversos

sistemas afectados, con el fin de estimar el nivel de emergencia o pronosticar su ocurrencia. Establece comunicación con las dependencias y organismos involucrados en las tareas de auxilio, de acuerdo a la situación de emergencia. Notifica la inminente ocurrencia de una calamidad. Informa a la población en general, a través de la Coordinación General de Comunicación Social y la Coordinación General de Protección Civil, sobre las características de la situación de emergencia presentada.

**Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos.**

En la tabla 2-1 se presentan las atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos.

Tabla 2-1 Ámbito de competencia de las instituciones involucradas

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Gobernación (SEGOB)	Federal	5FXXIV,XXVII	Fracción XXIV, coordinar a las diversas dependencias y entidades que, por sus funciones, deban participar en las labores de auxilio, en caso de desastres o emergencias. Fracción XXVII, coordinar las acciones de Seguridad Nacional y establecer políticas de Protección Civil. Reglamento Interior D.O.F. 2/04/2013.
Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)	Federal	28FXXXVI,38FVII	Reglamento Interior.- DOF.- 17-10-2011.- Artículo 28 fracción XXXVI. Proponer directivas orientadas a la prevención y control de desastres en asuntos de su competencia.- Artículo 38 fracción VII. Planear, dirigir y coordinar el trabajo de ingenieros en beneficio de la Secretaría y de la población civil, en casos de desastres y demás necesidades públicas.
Secretaría de Marina (SEMAR)	Federal	16FX,2FX	Reglamento Interior: DOF.-31-12-2012.- Artículo 16 fracción X.- Corresponde a la Dirección General de Investigación y Desarrollo.- Obtener procesar y difundir información meteorológica y de fenómenos oceánicos y atmosféricos, coordinando lo que proceda con el Servicio Meteorológico Nacional. Ley Orgánica de la Armada de México. DOF 31/12/2012.- Artículo 2 fracción X.- El de realizar actividades de investigación científica, oceanográfica, meteorológica, biológica y de los recursos humanos, actuando por si sólo o en coordinación con otras instituciones nacionales o extranjeras, o en coordinación con dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 30 fracción XXI.- Partici-

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
			par y llevar a cabo las acciones que le corresponda dentro del marco del Sistema Nacional de Protección Civil para la prevención, auxilio, recuperación y apoyo a la población en situaciones de desastre.
Secretaría de Gobernación.- Comisionado nacional de seguridad.	Federal	38FI	Reglamento Interior.- DOF 2-04-2013.- Artículo 38 fracción i.- Proponer al Secretario las Políticas, programas y acciones tendientes a garantizar la seguridad pública de la Nación y de sus habitantes, así como coordinar y supervisar su ejecución e informar sobre sus resultados. Reglamento del Servicio de Protección Federal.-DOF 9/112/2008.- Facultades del Comisionado.- Artículo 10 fracción VIII.- Apoyar la participación de las instituciones públicas federales en la implementación de programas de vigilancia y custodia, protección civil y prevención del delito, en los términos de las disposiciones aplicables.
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	Federal	6FIV, 31FI	Reglamento interior. Artículo 6 fracción IV.- Coordinar, conjuntamente con la Secretaría de Desarrollo Social en el ámbito de su competencia, el otorgamiento de las autorizaciones de acciones e inversiones convenidas con los gobiernos locales y municipales tratándose de planeación nacional y regional. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 31 fracción XVI.- Normar, autorizar y evaluar los programas de inversión pública de la Administración Pública Federal.
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	Federal	18 FI	Fracción I. Realizar la planeación necesaria para configurar estrategias, programas, proyectos y acciones para el desarrollo social.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Federal	31FXI, XXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 32 BIS fracción XI.- Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten las Secretarías públicas sociales y privadas, resolver sobre los estudios de riesgo ambiental, así como sobre los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica . Fracción XXI.- Dirigir los estudios, trabajos y servicios meteorológicos, climáticos, hidrológicos y geohidrológicos, así como el Sistema Meteorológico Nacional, y participar en los convenios internacionales sobre la materia.
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Federal	9Inciso a) FXL	Ley de Aguas Nacionales.- Artículo 9 inciso a).- Fracción XL.- Participar en el Sistema Nacional de Protección Civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencias, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos.
Secretaría de Energía (SENER)	Federal	33FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 33 fracción I.- Establecer y conducir la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energética, el ahorro de energía, entre otras acciones y en términos de las disposiciones aplicables, correctivas, realizar y promover programas, proyectos, estudios e investigación sobre las materias de su competencia.

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Economía (SE)	Federal	34FIX	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 34 fracción IX.- Participar con las Secretarías de Desarrollo Social, de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la distribución y comercialización de productos y el abastecimiento de los consumos básicos de la población.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGAR-PA)	Federal	35FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 35 fracción I.- Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo rural, a fin de elevar el nivel de vida de las familias que habitan en el campo en coordinación con las dependencias competentes.- Fracción II.- Promover el empleo en el medio rural, así como establecer programas y acciones que tiendan a fomentar la productividad y la rentabilidad de las actividades económicas rurales.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	Federal	36FII XXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 36 fracción II.- Regular, inspeccionar y vigilar los servicios públicos de correos y telégrafos y sus servicios diversos; conducir la administración de los servicios federales de comunicación eléctrica y electrónica y su enlace con los servicios similares públicos concesionados, con los servicios privados de teléfono, telégrafos e inalámbricos y con los estatales y extranjeros, así como del servicio público de procesamiento remoto de datos. Fracción XXI.- Construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales; así como las estaciones y controles de autotransporte federal.
Secretaría de Educación Pública (SEP)	Federal	38FXXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 38 fracción XXI.- Conservar, proteger y mantener los monumentos arqueológicos, históricos y artísticos que conforman el patrimonio cultural de la Nación, atendiendo las disposiciones legales en la materia.- Referencia normativa.- Artículo 2.- Ley Federal sobre monumentos y zonas arqueológicas: El de utilidad pública, la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos.
Secretaría de Salud (SS)	Federal	39fi	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 39 fracción I.- Establecer y conducir la política nacional en materia de asistencia social, servicios médicos y salubridad general, con excepción de lo relativo al saneamiento del ambiente; y coordinar los programas de servicios a la salud de la Administración Pública Federal, así como los agrupamientos por funciones y programas a fines, en su caso, se determinen.
Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)	Federal	41 fi INCISO A Y B	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 41 fracción I.- Impulsar en coordinación con las entidades estatales y municipales, la planeación y el ordenamiento del territorio nacional para su máximo aprovechamiento, con la formulación de políticas que armonicen: inciso a).- El crecimiento o surgimiento de asentamientos humanos y centros de población, inciso b).- la planeación habitacional y del desarrollo de viviendas.

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal (CJEF)	Federal	43FII	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 43 fracción II.- Someter a consideración y, en su caso, firma del Presidente de la República todos los proyectos de iniciativa de leyes y decretos que se presenten al Congreso de la Unión o a una de sus cámaras, así como a la Asamblea de Representantes del Distrito Federal, y darle opinión sobre dichos proyectos.
<b>ORGANOS DESCENTRALIZADOS</b>			
Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CO-RETT)	Federal	2FII	Decreto de creación: Promover la adquisición y enajenación de suelo y reservas territoriales para el desarrollo urbano y la vivienda en coordinación con otras dependencias y entidades federales, con los gobiernos de los estados con la participación de sus municipios, y del Distrito Federal, así como en concertación con los sectores social y privado particularmente con los núcleos agrarios.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)	Federal	14 BIS 2FVII	Ley de Aguas Nacionales.- Atribuciones.- Artículo 14 BIS 3 fracción VII.- Realizar por sí o a solicitud estudios y brindar consultorías especializadas en materia de hidráulica, hidrología, control de calidad del agua, de gestión integrada de los recursos hídricos.
Comisión Federal de Electricidad (CFE)	Federal	10FII	Estatuto Orgánico: El de atender los aspectos técnicos operativos relacionados con la generación, transmisión, transformación, control y distribución de energía eléctrica.
<b>INSTITUCIONES INVOLUCRADAS</b>			
Secretaría de Marina - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (SEMAR - CICESE)	Federal	5FXXI	Reglamento interior, aquellas otras facultades que con ese carácter le confieran expresamente las disposiciones legales, y le asigne el Presidente de la República.
Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	Federal	2, 251FI	Ley del IMSS. DOF.- 31-03-2007.- Artículo 2.- Tiene como finalidad garantizar el derecho a la salud, la asistencia médica, la prestación de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo, así como el otorgamiento de una pensión que, en su caso y previo cumplimiento de los requisitos legales, será garantizado por el Estado. Artículo 251 fracción i.- Administrar los seguros de riesgos de trabajo, enfermedades y materiales, invalidez y vida, guardería y prestaciones sociales, salud para la familia, adiccionados y otros, así como prestar los servicios de beneficios colectivos que señale esta Ley.
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)	Federal	4FII,23FVI	Ley del ISSSTE.-DOF.-28-05-2012.- Artículo 4 fracción II, inciso d).- Préstamos personales extraordinarios para damnificados por desastres naturales.- Estatuto Orgánico artículo 23 fracción VI.- El de resolver bajo su inmediata directa responsabilidad los asuntos urgentes del instituto, a reserva de informar a la Junta sobre las acciones y los resultados obtenidos.

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
Distribuidora de Conasupo (DI-CONSA)	Federal	2.1	Reglas de Operación, el de contribuir a mejorar la nutrición como una capacidad básica de la población que habita en localidades rurales. 2.2. Abastecer localidades rurales de alta y muy alta marginación con productos, en forma eficaz y oportuna.
Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)	Federal	109FI	El de investigar los peligros, riesgos y daños producidos por agentes perturbadores que puedan dar lugar a desastres integrando y ampliando los conocimientos de tales acontecimientos, en coordinación con las dependencias y entidades responsables.
Petróleos Mexicanos (PEMEX)	Federal	4FI	Estatuto Orgánico de Petróleos Mexicanos, el de emitir a propuesta del Comité correspondiente las políticas y lineamientos en materia de, inciso f).- Programar y proyectos, contratación de terceros experto independiente, prelación entre los proyectos de gran magnitud alta prioridad y otros proyectos relevantes, así como los criterios para definir los casos y la etapa de la fase de los proyectos y programas de inversión de los organismos subsidiarios que deberán ser aprobados por el Consejo de Administración, previo acuerdo del Consejo de Administración del Organismo Subsidiario correspondiente.
Desarrollo Integral de la Familia (DIF)	Federal	4FXXV	Estatuto Orgánico: Promover la atención y coordinación de las acciones de los distintos sectores sociales que actúen en beneficio de aquellos, en el ámbito de su competencia, en casos de desastres como inundaciones, terremotos, derrumbes, explosiones, incendios, y otros de naturaleza similar por los que se causen daños a la población, el organismo, sin perjuicio de las atribuciones que en auxilio de los damnificados lleve a cabo otras dependencias y entidades.
Universidad Autónoma de México (UNAM)	Federal	1	La Universidad Nacional Autónoma es una corporación pública-organismo descentralizado del estado - dotada de plena capacidad jurídica y que tiene por fines impartir educación superior para formar profesionales, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura.
Cruz Roja Mexicana	Internacional, Federal	2. 8	Decreto presidencial del 21 de febrero de 1910, en su estatuto, artículo 2 inciso 8) el de proponer a mejorar la salud, prevenir las enfermedades y aliviar los sufrimientos espirituales y corporales, desarrollando al efecto toda acción humanitaria tendiente a estos fines, de acuerdo con sus posibilidades, las leyes y demás disposiciones legales vigentes en el país. La Cruz Roja debe considerar como auxiliar de los poderes públicos, la conformidad con el Convenio de Ginebra del 6 de julio de 1908, con el decreto firmado por el Presidente de los Estados Unidos Mexicanos el 21 de febrero de 1910.

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
Bomberos	Federal	3FVI	Señala que por auxilio se entenderá a las acciones destinadas primordialmente a salvaguardar la vida de las personas, sus bienes y la planta productiva y a preservar los servicios públicos y el medio ambiente, ante la presencia de un agente destructivo, en donde los agentes destructivos son los fenómenos de carácter hidrometeorológico que puede producir riego, emergencias o desastres. Para efectos de la presente Ley que nos ocupa, los cuerpos de seguridad pública en los Estados de la República Mexicana, por lo general son: Policía Preventiva Estatal, Protección civil y Bomberos, ya que estos están adheridos al Sistema Nacional de Protección Civil, independientemente de su normatividad que los rijan en sus estados.

### Instituciones internacionales:

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) Desde su creación, la OMM ha participado de forma excepcional e importante en la seguridad y el bienestar de la humanidad. En el marco de los programas de la OMM y bajo su dirección, los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales contribuyen sustancialmente a la protección de la vida humana y los bienes frente a los desastres naturales, a la salvaguardia del medio ambiente y a la mejora del bienestar económico y social de todos los sectores de la sociedad en esferas como la seguridad alimentaria, los recursos hídricos y el transporte. Además, fomenta la colaboración entre los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y favorece la aplicación de la meteorología a los servicios meteorológicos para el público, la agricultura, la aviación, la navegación, el medio ambiente, las cuestiones relacionadas con el agua y la atenuación de los efectos de los desastres naturales.

La Asociación Mundial del Agua [Asociación Mundial del Agua (GWP)] es una red internacional abierta a todas las organizaciones que tienen que ver con la gestión de los recursos hídricos. Fue creada en 1996 con el objetivo de promover la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).

El Programa Asociado de Gestión de Inundaciones, que se conoce por su sigla en inglés APFM, es una iniciativa conjunta de la Organización Meteorológica Mundial y la Asociación Mundial del Agua [Global Water Partnership (GWP)]. El Programa promueve el concepto de gestión integrada de inundaciones, nuevo enfoque en materia de gestión de crecidas. Cuenta con respaldo financiero de los gobiernos de Japón y los Países Bajos.

El Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO, reconoció que la gestión adecuada de los peligros relacionados con el agua es un factor esencial para el desarrollo humano y socioeconómico sustentable, y en particular para la atenuación de la pobreza (Gutiérrez López Alfonso, Revista Agua y Saneamiento, ANEAS, año 11, número 43, abril, mayo y junio de 2012, México). La iniciativa internacional, comprende la gestión de riesgos y la emergencias, análisis de riesgos múltiples; bases de datos para evaluar el riesgo; modelación hidrológica, hidráulica y económica; cartografía de riesgos por inundaciones; medidas estructurales y no estructurales; la gobernabilidad y participación, reformas institucionales, pronósticos y alerta anticipada y sistemas de alerta, comunicación efectiva, vigilancia y respuesta a las alertas.

El Centro Internacional para la Gestión de los Desastres y Riesgos relacionados con el

Agua (ICHARM), auspiciado por la UNESCO, fue creado en 2006. El ICHARM se encarga de los desastres relacionados con el agua, como las inundaciones y las sequías, que son

los mayores desafíos que se necesita superar para garantizar un desarrollo humano sostenible y la reducción de la pobreza.



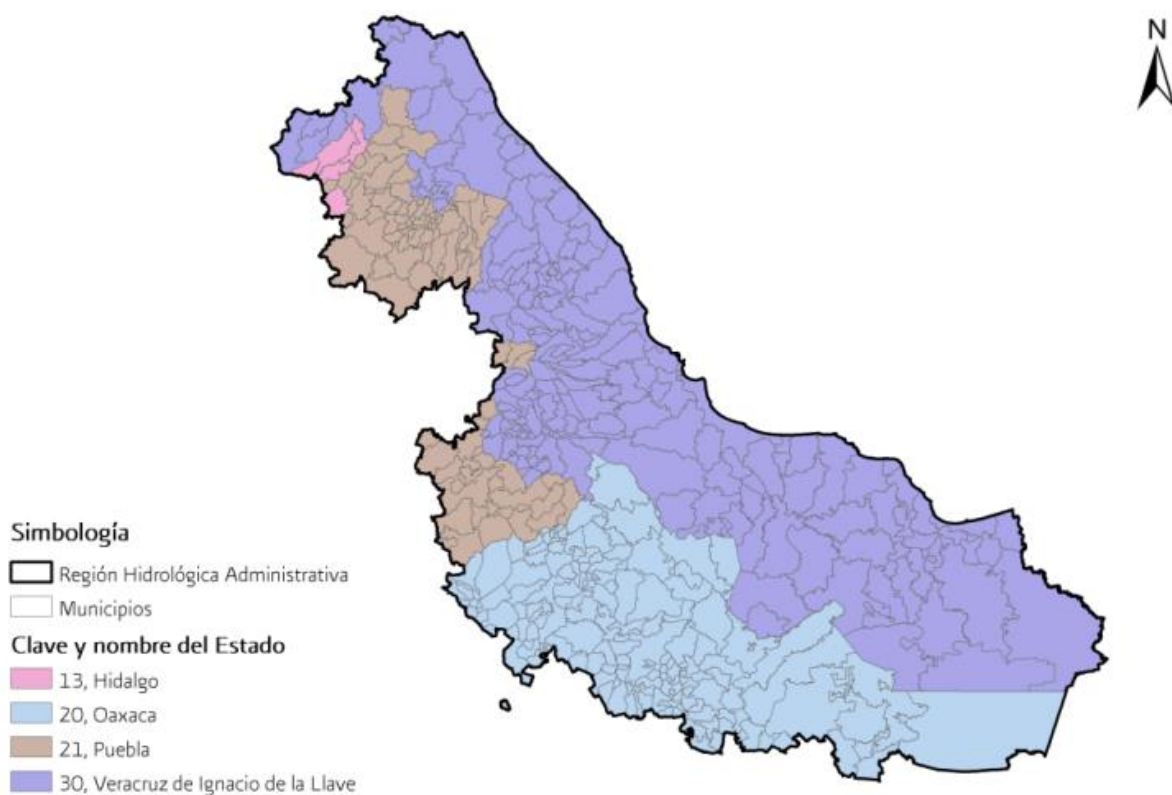


### 3 Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables

La Región Hidrológica Administrativa X Golfo Centro (RHA X GC) comprende 445 municipios de cuatro estados: 189 de Veracruz, 161 de Oaxaca, 90 de Puebla y 5 de Hidalgo. Su extensión territorial es de 104,462 km<sup>2</sup> y equivale a 5.3% del territorio nacional (PHR RHA X, Golfo Centro, CONAGUA 2011), (Figura3-1; Tabla 3.1).

La RHA tiene una delimitación con criterios político-administrativos pero con tendencia a seguir el límite hidrológico, sin embargo en términos de áreas de inundación la RHA está contenida dentro de tres Regiones Hidrológicas 27, 28 y 29.

Figura 3-1 Municipios y Entidades Federativas de la RHA X GC.



Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: Conagua. Subdirección General de Programación. INEGI, Marco Geoestadístico Municipal 2005.

Tabla 3-1 Entidades Federativas de la RHA X GC

Clave Entidad Federativa	Entidad Federativa	Número de municipios por Entidad Federativa	Área total de Entidad Federativa (km <sup>2</sup> )	Área Entidad Federativa dentro de la RHA (km <sup>2</sup> )	% de área de Entidad Federativa dentro de la RHA	% de área de RHA
30	Veracruz de Ignacio de la Llave	189	71,470.08	57,151.21	80.00%	54.70%
20	Oaxaca	161	93,942.26	32,165.48	34.20%	30.80%
21	Puebla	90	34,119.27	14,040.70	41.20%	13.40%
13	Hidalgo	5	20,653.08	1,104.14	5.30%	1.10%
	<b>Total</b>	<b>445</b>		<b>104,461.53</b>		<b>100.00%</b>

Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: Conagua. Subdirección General de Programación. INEGI, Marco Geoestadístico Municipal 2005.

La temperatura media anual predominante en 50% de la superficie de la RHA X GC es de 24 a 26°C. La precipitación media es de 1,590 mm/año, con un rango espacial de 407 a 4,380 mm/año. La evaporación media es superior a los 820 mm/año con un rango espacial de 400 a 1,200 mm/año (PHR RHA X, Golfo Centro, CONAGUA 2011).

La hidrografía está caracterizada por corrientes que descienden de los flancos de la Sierra Madre Oriental y desembocan en el Golfo de México. Respecto a la disponibilidad de agua se tiene un escurrimiento natural regional media anual que oscila en los 90,423 hm<sup>3</sup>, el volumen de recarga regional media anual de los acuíferos es de 4,729.8 hm<sup>3</sup>; se tiene una disponibilidad superficial per cápita de 8,747 m<sup>3</sup>/hab/año, lo que equivale a un índice de explotación de acuíferos de 0.22 (Volumen de extracción concesionado/Volumen de recarga). Los 22 acuíferos que existen en la RHA tienen disponibilidad desde 5.2 hasta 442 m<sup>3</sup>/hab/año. Prácticamente toda el agua superficial está concesionada, es decir, sin disponibilidad para nuevos aprovechamientos.

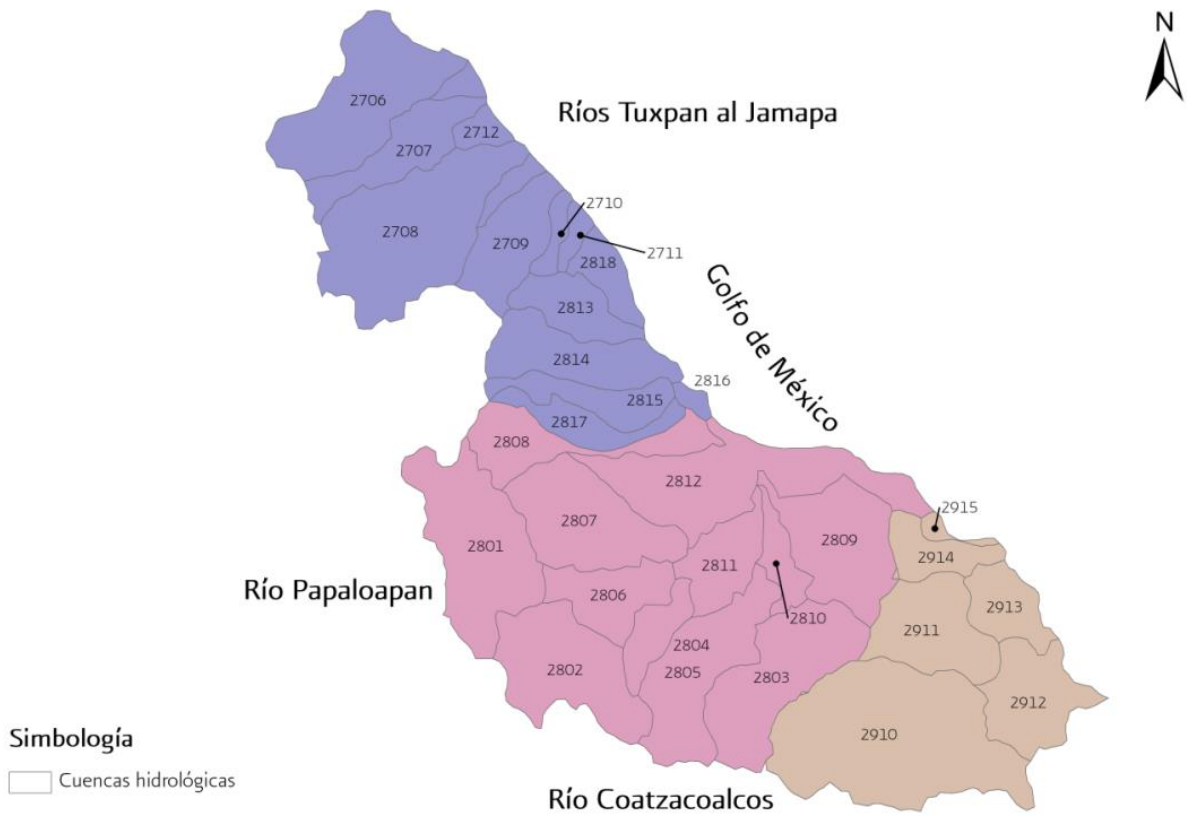
### Relación de delimitación natural y administrativa

Los Consejos de Cuenca de la RHA X GC responden a tres definiciones. La delimitación administrativa por municipios mencionada anteriormente (Tabla 3.1), la delimitación natural por cuenca hidrológica y la delimitación natural por acuíferos. En ninguno de los tres casos existe coincidencia total en su delimitación.

La delimitación por cuenca responde a la agrupación de las cuencas hidrológicas publicadas en el Diario Oficial de la Federación. A la RHA X GC le corresponden 31 cuencas hidrológicas las cuales están agrupadas en tres consejos de cuenca; el consejo de cuenca de los ríos Tuxpan al Jamapa integrado por 13 cuencas ubicadas en las Regiones Hidrológicas (RH) 27 y 28, el consejo de cuenca del río Papaloapan integrado por 12 cuencas ubicadas en la RH 28 y el consejo de cuenca del río Coatzacoalcos conformado por 6 cuencas ubicadas en la RH 29 (Figura 3-2).

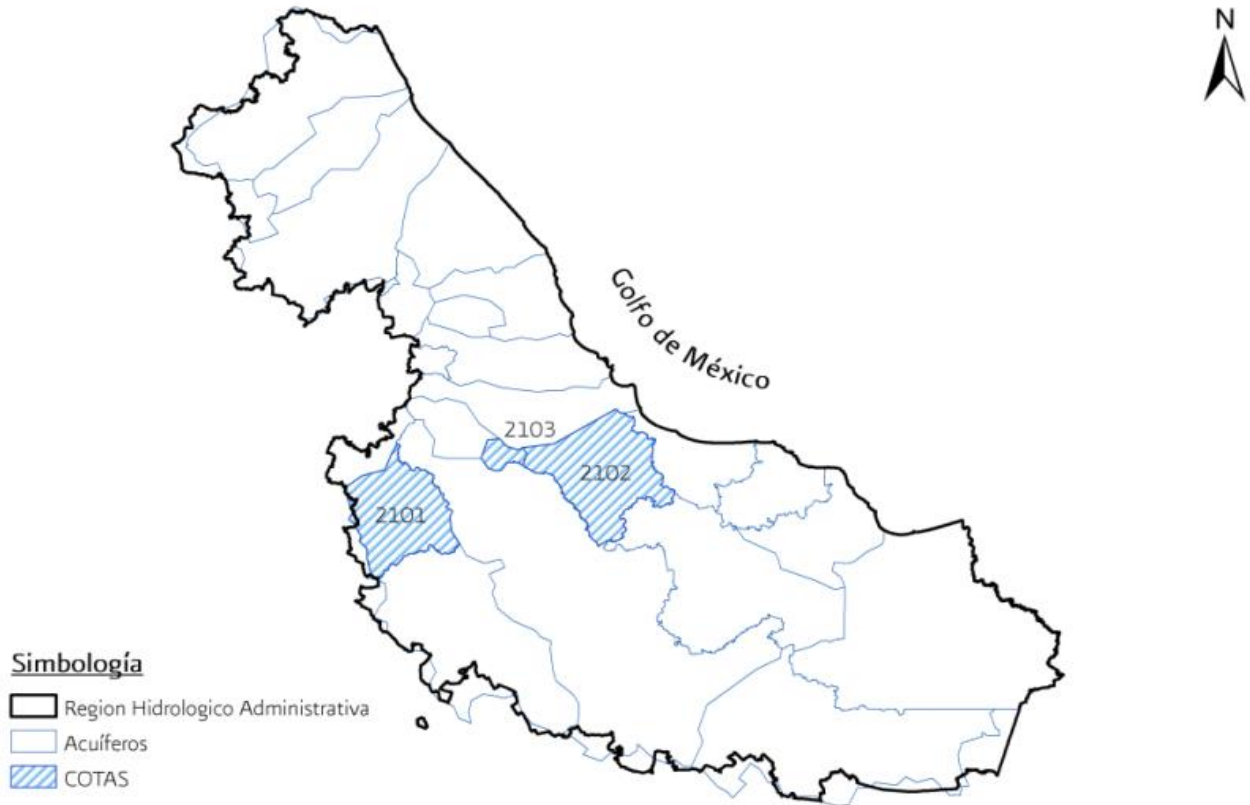
De igual manera, a la RHA X GC le corresponden 22 acuíferos, agrupados en los tres consejos de cuenca. Al consejo de los ríos Tuxpan al Jamapa le corresponden 10 acuíferos, al consejo del río Papaloapan 10 y al del río Coatzacoalcos dos acuíferos (Figura 3-3).

Figura 3-2 Cuencas hidrológicas y Consejos de Cuenca de la RHA X GC



Fuente: Consejos de Cuenca. Organismo de Cuenca Golfo Centro. Elaborado a partir de: Conagua. Subdirección General de Programación. Análisis Técnico Prospectivo.

Figura 3-3 Acuíferos y COTAS dentro de la RHA X GC



COTA 2101 y 2102. Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Atlas digital del Agua, Edición 2010. COTA 2103: Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: Información proporcionada por el Organismo de Cuenca Golfo Centro.

### 3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables

En las Regiones hidrológicas donde ocurren las inundaciones, es importante conocer las precipitaciones, los escurrimientos extraordinarios, la fisiografía y su relación con los asentamientos humanos y las actividades productivas que sufren daños potenciales. Por lo tanto, la caracterización de las inundaciones se realiza con base en el comportamiento temporal y espacial de la lluvia, que a pesar de la complejidad del fenómeno, es modelable y predecible. En estos análisis deben considerarse los efectos del cambio climático, que de acuerdo con los modelos de comportamiento atmosférico, muestran

que, debido al incremento en la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y por lo tanto al incremento de la temperatura ambiente, el ciclo hidrológico se verá alterado, lo que repercutirá en fenómenos meteorológicos extremos más severos, con alto riesgo de impacto en las superficies de zonas inundables y como consecuencia en la sociedad y en sus sistemas productivos.

Respecto a la identificación de las zonas de inundación el Instituto de Ingeniería (II) de la UNAM, está realizando trabajos para delimitar las zonas potencialmente inundables y de manera paralela se identificaron trabajos realizados en este tema, donde aparece la

CONAGUA y la institución nacional de seguros agrícolas (AGROASEMEX) esta última con misión de proteger el patrimonio y la capacidad productiva del sector rural. Los polígonos inundables identificados como zonas potencialmente inundables en estos dos estudios se discutieron en una primera reunión de trabajo con el Organismo de Cuenca, Protección Civil y la Universidad del estado de Veracruz; en dónde se determinó el polígono a utilizar en un primer cálculo del daño anual esperado (DAE).

### 3.1.1 Estudio de la CONAGUA

La CONAGUA elaboró un modelo con el cual se pueden generar índices que permiten comparar cómo se están planeando las inversiones de mitigación de riesgos a inundaciones con la tendencia que tienen distintas regiones del país a estos eventos. Las contingencias consideradas en este modelo corresponden a los eventos hidrometeorológicos extremos que declara CENAPRED (ciclones, lluvias intensas e inundaciones).

Las variables principales que toma en cuenta el modelo son:

- Daños económicos por suceso (pesos de 2009 en daños en vivienda, producción e infraestructura): Para cada uno de los sucesos registrados en un municipio se tiene el monto (en pesos de 2009) estimado de daños. Los datos pre-cargados corresponden a los montos registrados por CENAPRED ponderados por los municipios afectados.
- Población afectada por el suceso (habitantes por suceso): Para cada uno de los sucesos registrados en el municipio, especificar el número de habitantes afectados. Los datos pre-cargados corresponden a los números registrados por CENAPRED ponderados por los municipios afectados.
- Superficie afectada por suceso: Para cada uno de los sucesos registrados en el municipio se especifica el área afectada. Los

datos pre-cargados corresponden a la superficie total del municipio.

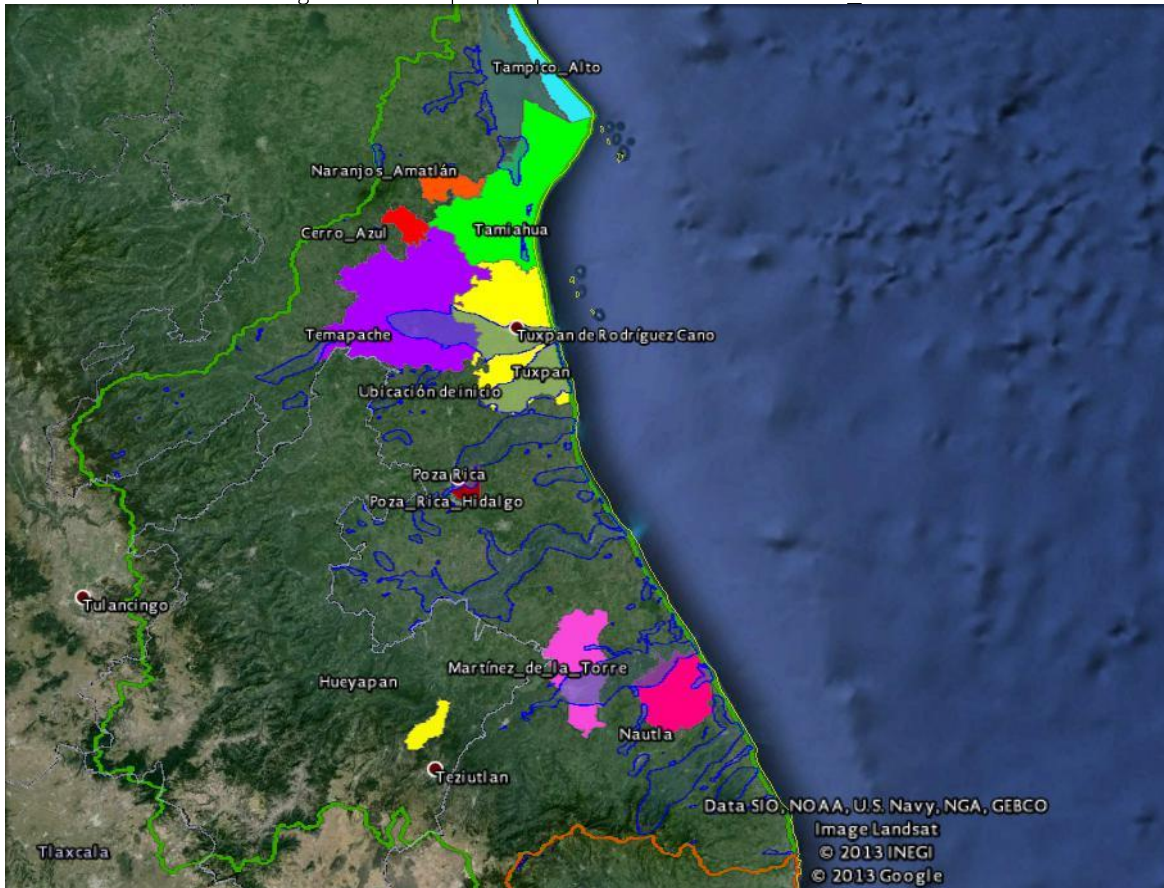
- Densidad de población de la región afectada: Este es un indicador del valor estratégico de la zona, la densidad de población es un buen estimador de esta variable. Los datos pre-cargados corresponden a la densidad del municipio en habitantes por kilómetro cuadrado.
- Tipo de suceso (1-Ciclón, 2-Lluvia, 3-Inundación).
- Nombre y fecha del suceso.
- Población en riesgo: Corresponde al número de habitantes que habitan en las zonas que han sido identificadas como propensas a inundaciones futuras. Los datos pre-cargados corresponden a la población total del municipio que ha sido afectado por algún evento.
- Ciclones acumulados en la región en el período de estudio.
- Lluvias e inundaciones acumuladas en la región en el período de estudio.
- Los datos básicos de inversiones son:
  - a) Inversión en infraestructura urbana para control de inundaciones del municipio (pesos de 2009 acumulados por período): Incluye conceptos como canales y drenaje pluvial, entre otros. Los datos pre-cargados corresponden a los proyectos cargados en la Cartera de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), correspondientes a CONAGUA.
  - b) Inversión en presas para control de avenidas en el municipio (pesos de 2009 acumulados por período): Incluye bordos, presas y otra infraestructura hidráulica relacionada con el control de ríos o avenidas. Los datos pre-cargados corresponden a los proyectos cargados en Cartera de SHCP correspondientes a CONAGUA.
  - c) Inversión en reubicación de asentamientos inseguros en el municipio (pesos de 2009 acumulados por período): Incluye estudios, reubicaciones, incentivos para la reubicación, entre otros. Los datos pre-cargados corresponden a los estudios de todo tipo de proyectos cargados en Car-

tera de SHCP correspondientes a CONAGUA.

Con este modelo, se identificaron 33 municipios con potencial de inundación de la Región Hidrológico Administrativa, 10 de estos

municipios pertenecen a la RH\_27, los cuales se mencionan a continuación; Temapache, Naranjos Amatlán, Nautla, Tamiahua, Tampico el Alto, Hueyapan, Cerro Azul, Martínez de la Torre, Poza Rica, y Tuxpan. (Figura 3-4).

Figura 3-4 Municipios con potencial de inundación en la RH\_27.

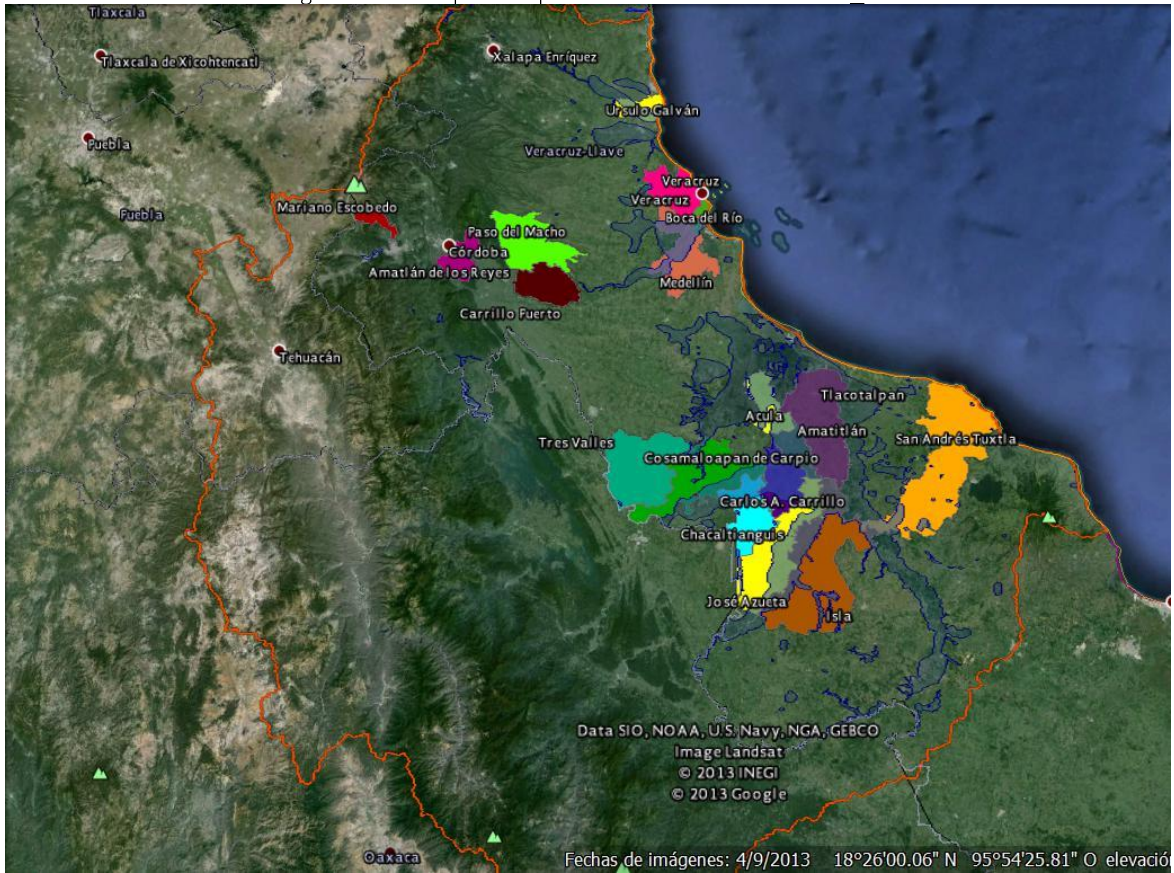


Fuente: CONAGUA, Manual de Usuario del Modelo de Agenda del Agua 2030. Agosto, 2010.

Se identificaron 19 municipios con potencial de inundación para la RH\_28 los cuales se mencionan a continuación; Mariano Escobedo, Úrsulo Galván, Amatlán, Amatlán de los Reyes, Carrillo Puerto, Isla, Paso del Ma-

cho, San Andrés Tuxtla, Acula, Chacaltianguis, José Azueta, Tlacotalpan, Tres Valles, Carlos A. Carrillo, Boca del Río, Medellín, Veracruz y Cosamaloapan de Carpio.

Figura 3-5 Municipios con potencial de inundación en la RH\_28

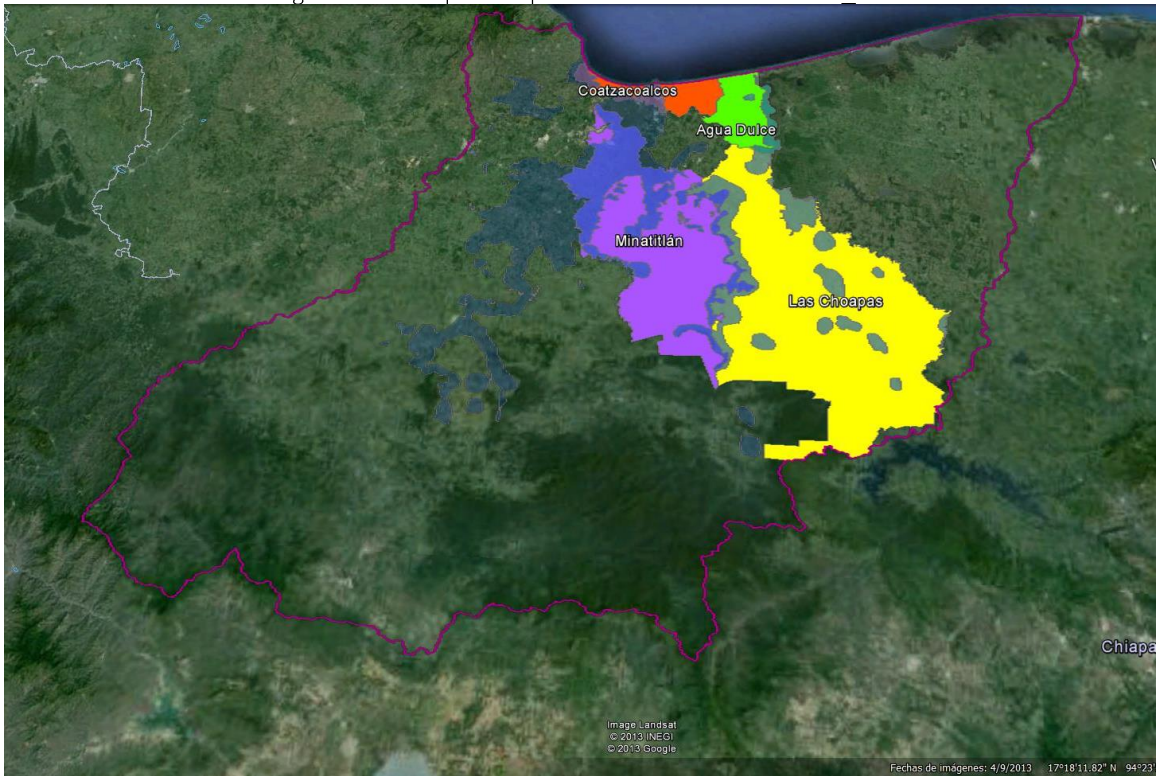


Fuente: CONAGUA, Manual de Usuario del Modelo de Agenda del Agua 2030. Agosto, 2010.

Se identificaron 4 municipios con potencial de inundación para la RH\_29 los cuales son;

Las Choapas, Coatzacoalcos, Minatitlán, y Agua Dulce

Figura 3-6 Municipios con potencial de inundación en la RH\_ 29



Fuente: CONAGUA, Manual de Usuario del Modelo de Agenda del Agua 2030. Agosto, 2010.

Los resultados en la región, fueron de una población afectada de evento promedio de 80,052 habitantes, mientras que la superfi-

cie total afectada resulto ser de 344,213 km<sup>2</sup> (Tabla 3-2).

Tabla 3-2 Municipios con potencial de inundación en la región.

Estado	Población afectada de evento promedio hab	Superficie afectada de evento promedio ha
Hidalgo	932	747
Puebla	11,085	172,809
Oaxaca	15,224	52,530
Veracruz	52,811	118,127
<b>Total</b>	<b>80,052</b>	<b>344,213</b>

Fuente: CONAGUA, Manual de Usuario del Modelo de Agenda del Agua 2030. Agosto, 2010.

### 3.1.2 Estudio del Mapa Nacional de Índice de Inundación

Las inundaciones están asociadas con diversos factores como: desbordamiento de ríos,

inundaciones súbitas, mareas altas asociadas con huracanes y rompimiento de estructuras de control. Desafortunadamente no hay un registro histórico de inundaciones confiable para el país, así que se utilizó el Mapa Nacio-



nal de Índice de Inundación de AGROASE-MEX para identificar las zonas propensas a estas.

El Mapa Nacional de Índice de Inundación, es una primera aproximación para caracterizar el potencial de inundación, y se construyó a partir del cálculo del Índice Topográfico, definido como el cociente entre la acumulación de flujo (área de drenaje parcial “aguas arriba” para un punto en particular) y la tangente de la pendiente.<sup>1</sup> Su aplicación principal consiste en la identificación de humedales, definidos como zonas perennes o efímeramente saturadas o inundadas.

Debido a que la distribución probabilística del Índice Topográfico para una cuenca es bimodal y los valores altos del índice corresponden a regiones propensas a inundación, el índice constituye un elemento poderoso y simple para la determinación de dichas regiones. Sin embargo, la literatura documenta variaciones en el Índice Topográfico y las diferencias radican en la implementación de información adicional como son: humedad, tipo y uso de suelo, precipitación, evapotranspiración, entre otras.

Es por esto que aunque dos cuencas tuvieran características topográficas similares, debido a sus variaciones climatológicas y de tipo y uso de suelo, el riesgo de inundación entre ellas podría ser muy distinto. Es por esta razón que el Índice Topográfico resulta insuficiente para caracterizar el riesgo de inundación en el país. Por lo cual, se empleó un índice modificado que permite capturar dichas diferencias.

Para la estimación del índice modificado se empleó la siguiente información:

- Topografía mediante el Continuo de Elevación Digital (CEM) del INEGI con pixel de aproximadamente 30 m
- Mapas de vegetación y uso de suelo del INEGI 2004, 1:250,000

- Mapa de edafología del INEGI 2006, 1:250,000

Adicionalmente, para solventar la falta de homogeneidad en la cobertura espacial y temporal de la base de datos climatológica nacional, se desarrollaron mallas de precipitación y otras variables climatológicas a partir del método de Cressman.<sup>2</sup> Las mallas ofrecen una base de datos climatológicos completos espacial y temporal en todo el país para el periodo 1979-2008, estas cuentan con una resolución temporal diaria y pixeles de 0.2° (~22 km).

El método de Cressman consiste en la corrección de un campo preliminar a partir de observaciones. El campo preliminar en este estudio estuvo constituido por los datos del North American Regional Reanalysis (NARR) elaborados por el National Center for Environmental Prediction de la NOAA. Las observaciones de precipitación fueron tomadas de la base de datos nacionales climatológicos (CLICOM) y de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR) de la Comisión Nacional del Agua.

El índice modificado utilizado para elaborar el Mapa Nacional de Índice de Inundación quedó definido como el cociente entre la acumulación del escurrimiento y la tangente de la pendiente. El escurrimiento fue estimado a partir del tipo y uso de suelo y la precipitación observada según el método de número de curva. De manera que es posible estimar la cantidad total de agua que escurre por un punto dado, así como su probabilidad de ocurrencia.

El análisis se realizó a cada una de las cuencas, por lo cual, el primer paso consistió en la extracción del CEM de la región hidrológica de interés (los sumideros fueron rellenados y los picos removidos para deponer imperfecciones en los datos), posteriormente se estimó la dirección del flujo de cada celda utilizando la dirección de su vecina más cercana.

---

<sup>1</sup>Beven, K. J. and Kirkby, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.* Vol. 24, no. 1, 1979, pp. 43-69.

---

<sup>2</sup> Cressman, G.P. An operational objective analysis system, *Mon. Wea. Rev.* Vol. 87, 1959, pp. 367-364.

Además, se calculó la pendiente y su tangente.

Debido a que las clasificaciones de tipo de suelo de INEGI no son compatibles con las tablas de correspondencia de número de curva tradicional, desarrollada en Estados Unidos de Norteamérica, se hizo una reclasificación que permitiera la aplicación de las tablas de correspondencia. Los valores del número de curva bajo condiciones normales de humedad de suelo fueron pasados a una retícula para cubrir una a una las celdas del CEM. Una vez estimado el número de curva correspondiente para cada pixel del CEM, se procedió a estimar el escurrimiento (Q) de acuerdo con el método de curva numérica:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

P = Precipitación acumulada (mm)

S = Parámetro de retención máxima de humedad del suelo (mm), que depende del número de curva (CN), según la siguiente ecuación:

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254$$

Debido a que se trata de estimar zonas propensas a inundación por causa de eventos extremos de precipitación, los valores de precipitación empleados para cada región corresponden al percentil 95 de cada celda del arreglo regular de precipitación.

A continuación se estima la acumulación de escurrimiento. La diferencia entre acumulación de flujo y acumulación de escurrimiento radica en que la primera consiste en contar el número de celdas que contribuyen a cada celda, mientras que en la segunda se cuentan los milímetros de escurrimiento asociados con cada celda. Por último se estima el

índice de inundación ( $I_{in}$ ) con base en la siguiente expresión:

$$I_{in} = \ln\left(\frac{AcQ}{\tan S}\right)$$

Ac Q = Acumulación de escurrimiento

S = Pendiente

La metodología se calibró en la Región Hidrológica Lerma-Santiago y mostró resultados razonables en la identificación de zonas perennemente inundadas, como lagos y ríos. Posteriormente, el índice se probó en la planicie de inundación de Tabasco, en donde también se obtuvieron resultados aceptables.

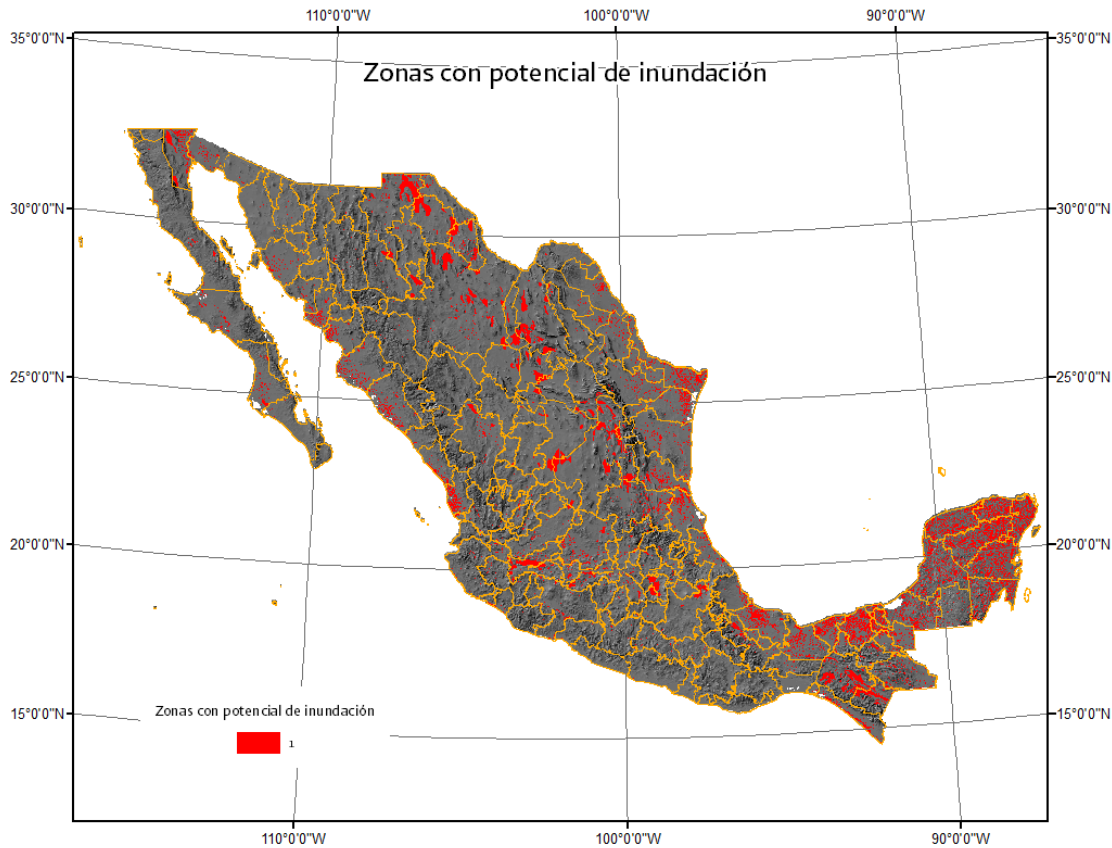
Se presenta un mapa nacional que indica zonas perennes o efímeramente inundadas y zonas libres de dicha amenaza. El índice de inundación se aplicó a las 37 regiones hidrológicas que conforman el territorio mexicano. Los resultados obtenidos muestran que las zonas identificadas con riesgo de inundación coinciden con las regiones de baja pendiente, e incluso es posible capturar cuerpos de agua importantes, como el lago de Chapala y el cauce de algunos ríos.

Hay que destacar que la metodología empleada no incluye información de la ubicación de los cuerpos de agua. Sin embargo, el resultado obtenido plantea que el índice tiene la capacidad de identificar regiones perennemente inundadas, y su validez se extiende a zonas efímeramente saturadas.

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), para favorecer el manejo digital en el mapa de índice de inundación (Figura 3-7) en formato matricial binario (raster), el valor de 1 representa las superficies inundables y de 0 las no inundables. A partir del archivo binario se realizó la transformación al formato vectorial que fue la base para el desarrollo de los mapas que a continuación se relacionan:

- Mapa regional de zonas inundables. Este producto fue el resultado de cruzar el mapa nacional de zonas inundables con el mapa de regiones hidrológicas administrativas, este mapa representa cada una de las trece regiones con la distribución y cuantificación general de las superficies sujetas a inundación.
- Mapa regional de localidades urbanas inundables. Estos mapas son la resultante de la sobre posición del mapa regional de zonas inundables con el de localidades urbanas. Esto permite identificar y dimensionar las ciudades en riesgo de inundación, la población potencialmente afectada y la orientación de programas y proyectos que a nivel regional apoyen las medidas de prevención o mitigación de daños.
- Mapa regional de zonas inundables a nivel de célula de planeación. Proporciona información sobre la distribución y superficie de afectación al nivel de célula en cada una de las trece regiones hidrológico-administrativas.
- Mapa regional de localidades urbanas inundables a nivel de célula de planeación. Proporciona información sobre el número de localidades, distribución y superficie de afectación al nivel de célula en cada una de las trece regiones hidrológicas administrativas.

Figura 3-7 Mapa Nacional de Zonas con Potencial de Inundación



Fuente: IMTA con base en información de Agroasemex, S. A.

Para la RHA X GC las zonas con potencial de inundación se ubican principalmente en el estado de Veracruz, particularmente en los

alrededores de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos. Sin embargo, también se observaron zonas con potencial de inundación en la

parte norte del estado, estando estas presentes en menor cantidad (Figura 3-8).

Figura 3-8 Mapa de Zonas con Potencial de Inundación en la RHA X GC.



Fuente: IMTA con base en información de Agroasemex, S. A.

En total se identificó un área de 11,057.58 km<sup>2</sup> con potencial de inundación en la región (Tabla 3-3). Actualmente se están tomando las medidas necesarias para mitigar los im-

pactos que usualmente sufren las zonas conurbadas más bajas y próximas a los cauces.

Tabla 3-3 Relación de Zonas con Potencial de Inundación en la RHA X GC.

Estado	Nombre Consejo de cuenca	Área inundación km <sup>2</sup>
Hidalgo		32.75
Puebla	Tuxpan-Jamapa	79.40
Veracruz de Ignacio de la llave		876.29
Oaxaca		1,337.80
Puebla	Papaloapan	52.30
Veracruz de Ignacio de la llave		4,346.56
Oaxaca		466.57
Veracruz de Ignacio de la llave	Coatzacoalcos	3,865.91
<b>SUMA</b>		<b>11,057.58</b>

Fuente: Elaboración del IMTA con datos de Agroasemex, S. A.

### 3.2 Caracterización socioeconómica

La población en la RHA X GC es de 10 millones de habitantes (INEGI 2010), de los cuales el 57% vive en zonas urbanas y el 43% en zona rural. Existen en la región 23,586 localidades (23,145 rurales y 441 urbanas). La densidad regional de población es de 96 hab/km<sup>2</sup> sin embargo, existen 10 ciudades con una población mayor a 100 mil habitantes (Veracruz, Xalapa-Enríquez, Tehuacán, Coatzacoalcos, Poza Rica de Hidalgo, Córdoba, Veracruz, Orizaba, Minatitlán y Juan Bautista Tuxtepec).

De acuerdo con información del Consejo Nacional de Población (CONAPO) en el año 2005, 265 localidades se clasificaron con un grado de marginación desde muy bajo hasta muy alto en la región. Al analizar la distribución de la población que habla una lengua indígena, se observó cierta coexistencia entre el grado de marginación y la concentración de comunidades rurales en zonas serranas.

**Empleo.** Para el año 2010, la población económicamente activa en la región era de 3 749 351 personas ocupadas, es decir 37.20% de la población total actual. En el consejo de cuenca Tuxpan al Jamapa se concentra la mayoría de la población económicamente activa con 2 086 285 personas, lo que representa el 56% de la región; le sigue el consejo del río Papaloapan con 1 201 677 personas que representa 32% y el consejo del río Coatzacoalcos con un 12%, con 461,389 personas (INEGI, 2010).

Por otra parte, de la población económicamente activa dentro de la región, el 36.01% se ocupa en el sector primario, el 20.21% en el secundario y el 41.93% en el sector terciario (INEGI, 2010).

**Salud.** En la región, 5 691 841 habitantes tienen acceso a los servicios de salud, lo que representa cerca del 56.46% de la población total. Los porcentajes varían; en el consejo de Tuxpan se tiene el 53% de la población

con derecho a servicios de salud mientras que en el consejo del río Papaloapan se tiene el 34%, dejando al consejo de Coatzacoalcos con el menor porcentaje (13%) (INEGI, 2010).

**Escolaridad.** De acuerdo con el censo de población y vivienda del 2010 llevado a cabo por INEGI, el grado promedio de escolaridad a nivel nacional es de 8.63. Sin embargo, al realizar el cálculo a partir de los datos de acceso público que ofrece el INEGI en su página web, el promedio nacional sólo alcanza 4.9 años estudiados.

El grado promedio de escolaridad calculado en la región es de 5.69 años, 2.94 años por debajo del promedio nacional (8.63), lo que significa que la población ha estudiado hasta la mitad del sexto año de primaria.

El promedio de población analfabeta, es decir, la población mayor de 15 que no sabe leer y escribir, para la región es de 18.54%.

**Índice de desarrollo humano.** Desde hace algunos años se han elaborado índices para medir el desarrollo, la marginación y la pobreza en México. Los índices más interesantes, que aportan datos para conocer, sobre todo, la situación social de la población son: el Índice de Desarrollo Humano (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo- PNUD), el Índice de Marginación (Consejo Nacional de Población, CONAPO) y el Índice de Pobreza y Rezago Social (Consejo Nacional de Evaluación, CONEVAL).

El Índice de Desarrollo Humano mide algunas variables como la esperanza de vida al nacer, el logro educacional y el nivel de vida. En la región Golfo Centro, el Índice de Desarrollo Humano, en promedio, es de 0.624 esto significa que se encuentra en un rango general medio.

En cuanto al Índice de Marginación que mide las privaciones y carencias de la población relacionadas a las necesidades básicas establecidas como derechos constitucionales, desarrollado por el CONAPO, muestra que el

consejo del Papaloapan tiene el mayor porcentaje de localidades con muy alta Marginación (51%), mientras que los otros dos consejos de cuenca presentaron sus más altos porcentajes de localidades con una muy baja marginación.

Los indicadores de pobreza, desarrollados por el Coneval, han sido una guía para conocer zonas específicas en donde se necesita la aplicación de programas focalizados para disminuir las condiciones de pobreza de la población. Se trata de una metodología multidimensional en la que se distinguen tres tipos de pobreza: la alimentaria, que se refiere a la incapacidad para obtener una canasta básica alimentaria con todo el ingreso disponible en el hogar. La de capacidades, que se refiere a la insuficiencia del ingreso disponible para adquirir el valor de la canasta alimentaria y efectuar los gastos necesarios en salud y educación, incluso utilizando el ingreso total de los hogares nada más que para estos fines. Por último, la de patrimonio, que muestra la insuficiencia del ingreso disponible para adquirir la canasta alimentaria, así como realizar los gastos necesarios en salud, vestido, vivienda, transporte y educación, aunque la totalidad del ingreso del hogar se utilice exclusivamente para adquirir estos bienes y servicios.

Es importante notar las diferencias entre los consejos de cuenca y entre los ámbitos rural y urbano. De los tres consejos de cuenca, el consejo del río Papaloapan presenta los mayores valores de pobreza en los tres tipos. Todos los consejos presentan la mayor pobreza de tipo patrimonial y en cuanto al ámbito urbano y rural, es en este último donde los tres consejos de cuenca presentan los mayores valores de pobreza.

El Índice de Rezago Social, también creado por el Coneval, incorpora las dimensiones de educación, acceso a servicios de salud, servicios básicos, calidad, espacios en la vivienda y activos en el hogar. La región cuenta con 7,749 localidades con rezago medio; 2,795 con bajo; 2,670 con rezago alto; 883 con rezago muy alto y 1,137 con rezago muy bajo. El mayor número de localidades en la

región están en el rango de rezago social medio.

**Pueblos indígenas.** En la RHA X GC, la población indígena suma 2 100 503 habitantes lo que corresponde 20.83% de la población total de la región, de éstos, 51% son mujeres y 49% hombres. La mayor parte de la población indígena se ubica en el consejo de cuenca del Río Papaloapan 58%, mientras que el 41% se ubica en el consejo de los ríos Tuxpan al Jamapa y tan solo el 11% se localiza en el Coatzacoalcos (INEGI, 200).

El acceso a los servicios básicos en las viviendas indígenas dentro de la región es como sigue: 14.09% tiene piso de tierra, lo que equivale a 271 032 viviendas; 10.89% dispone de agua entubada (209 466 viviendas); 17.63% cuenta con servicio sanitario (339,046 viviendas); 17.49% tiene energía eléctrica (336 304 viviendas) y 17.76%, el equivalente a 341 548 viviendas cocinan con leña o carbón (INEGI, 200).

### **3.3 Caracterización fisiográfica, meteorológica e hidrológica de la cuenca.**

La Región Hidrológico-Administrativa X tiene asociadas superficies delimitadas de forma administrativa y natural. La delimitación administrativa está conformada por el Organismo de Cuenca y los Consejos de Cuenca. El Organismo de Cuenca agrupa un número de municipios y estados completos, en algunos casos parciales. Por todo ello, la delimitación de la RHA X GC se basó en el criterio de aproximar la periferia del conjunto de municipios a la delimitación natural de 31 cuencas hidrográficas y 22 acuíferos, cuya administración ha sido atribuida oficialmente a la RHA y con base en esta delimitación se describe su fisiografía, meteorología e hidrografía.

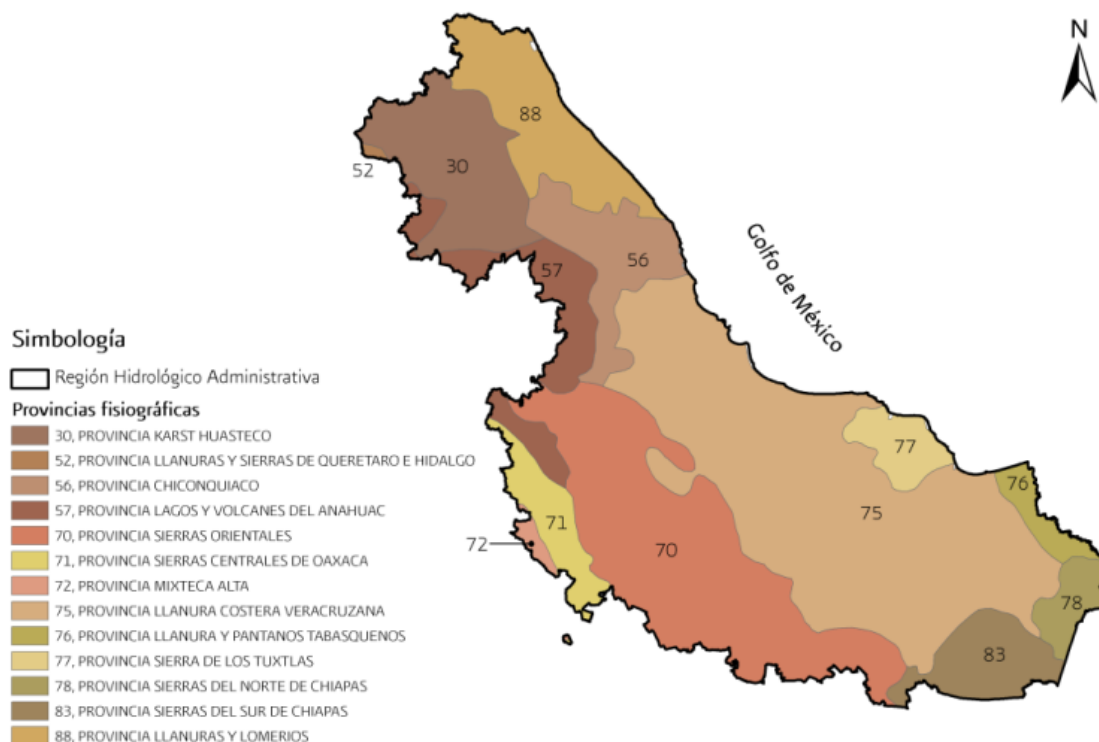
#### **3.3.1 Fisiografía**

La RHA X GC está conformada por 13 provincias fisiográficas de las cuales dos, la provincia Llanura Costera Veracruzana (número

75) y la provincia Sierras Orientales (número 70), conforman el 56.6% del total de la región. La provincia Karst Huasteco (número 30) y la provincia Llanuras y Lomeríos (número 88) solo conforman el 8.9% y el 8.0%

del total de la región respectivamente. Las otras 9 provincias aportan menos del 8% al total (Figura 3-9; Tabla 3-4) (PHR, RHA X-Golfo Centro, CONAGUA 2011).

Figura 3-9 Provincias fisiográficas de la RHA X GC



Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: Conabio, Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E. y Pineda-Velázquez, A. (1990). Provincias Fisiográficas de México'. Extraído de Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4, 000,000. Instituto de Geografía, UNAM. México. Información de Provincias Fisiográficas de México, Fecha de publicación: 18-02-2001. <http://www.Conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Tabla 3-4 Provincias fisiográficas

No de provincia	Nombre de la provincia fisiográfica	Área de provincia fisiográfica dentro de la RHA Xkm <sup>2</sup>	% de área de RHA
30	Provincia karst huasteco	9,257.68	8.9%
52	Provincia llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo	136.24	0.1%
56	Provincia Chiconquiaco	6,224.77	6.0%
57	Provincia lagos y volcanes del Anáhuac	6,132.73	5.9%
70	Provincia sierras orientales	22,161.36	21.2%
71	Provincia sierras centrales de Oaxaca	3,394.45	3.2%
72	Provincia mixteca alta	533.99	0.5%
75	Provincia llanura costera veracruzana	36,975.37	35.4%
76	Provincia llanura y pantanos tabasqueños	1,687.72	1.6%

No de provincia	Nombre de la provincia fisiográfica	Área de provincia fisiográfica dentro de la RHA Xkm <sup>2</sup>	% de área de RHA
77	Provincia sierra de los Tuxtlas	2,626.73	2.5%
78	Provincia sierras del norte de Chiapas	2,169.92	2.1%
83	Provincia sierras del sur de Chiapas	4,656.24	4.5%
88	Provincia llanuras y lomeríos	8,346.28	8.0%

Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: Conabio, Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E. y Pineda-Velázquez, A. (1990). Provincias Fisiográficas de México'. Extraído de Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4,000,000. Instituto de Geografía, UNAM. México. Información de Provincias Fisiográficas de México, Fecha de publicación: 18-02-2001. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

El 46.8% de la superficie total de la región se caracteriza por tener una variación en altitud de 0 a 200 msnm, este rango predomina principalmente en las provincias fisiográficas: Llanura Costera Veracruzana (75) y Llanuras y Lomeríos (88). En la zona de la Sierra Ma-

dre Oriental la variación es de 500 a 2,500 msnm. En algunas zonas como la del Cofre de Perote el rango de altitud se encuentra entre los 3,000 a 3,500 y en el Pico de Orizaba la altitud rebasa los 5,000 msnm (Figura 3-10-, Tabla 3-5).

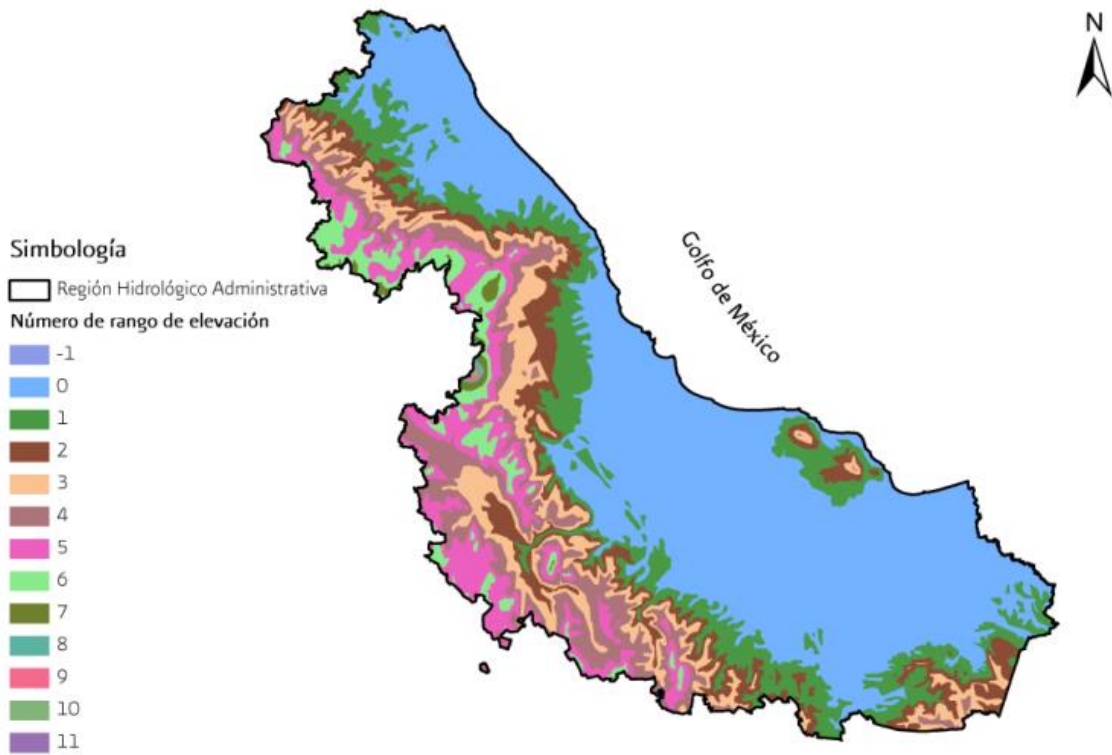
Tabla 3-5 Rangos de elevación (msnm)

No de Rango	Rango	% de área de RHA
-1	0 a -200	0.1%
0	0 a 200	46.8%
1	200 a 500	14.6%
2	500 a 1,000	8.9%
3	1,000 a 1,500	8.5%
4	1,500 a 2,000	8.7%
5	2,000 a 2,500	7.9%
6	2,500 a 3,000	3.8%
7	3,000 a 3,500	0.5%
8	3,500 a 4,000	0.1%
9	4,000 a 4,500	0.0%
10	4,500 a 5,000	0.0%
11	> 5,000	0.0%

Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: INEGI, Información de Relieve (Hipsobatimetría), 2002.



Figura 3-10 Relieve (Hipsobatimetría)



Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: INEGI, Información de Relieve (Hipsobatimetría), 2002.

De acuerdo con el relieve de la región, las pendientes en las zonas con un rango de variación de altitud de entre 0 a 200 msnm son planas (<1°) y muy suavemente inclinadas (1-3°), mientras que en la zona monta-

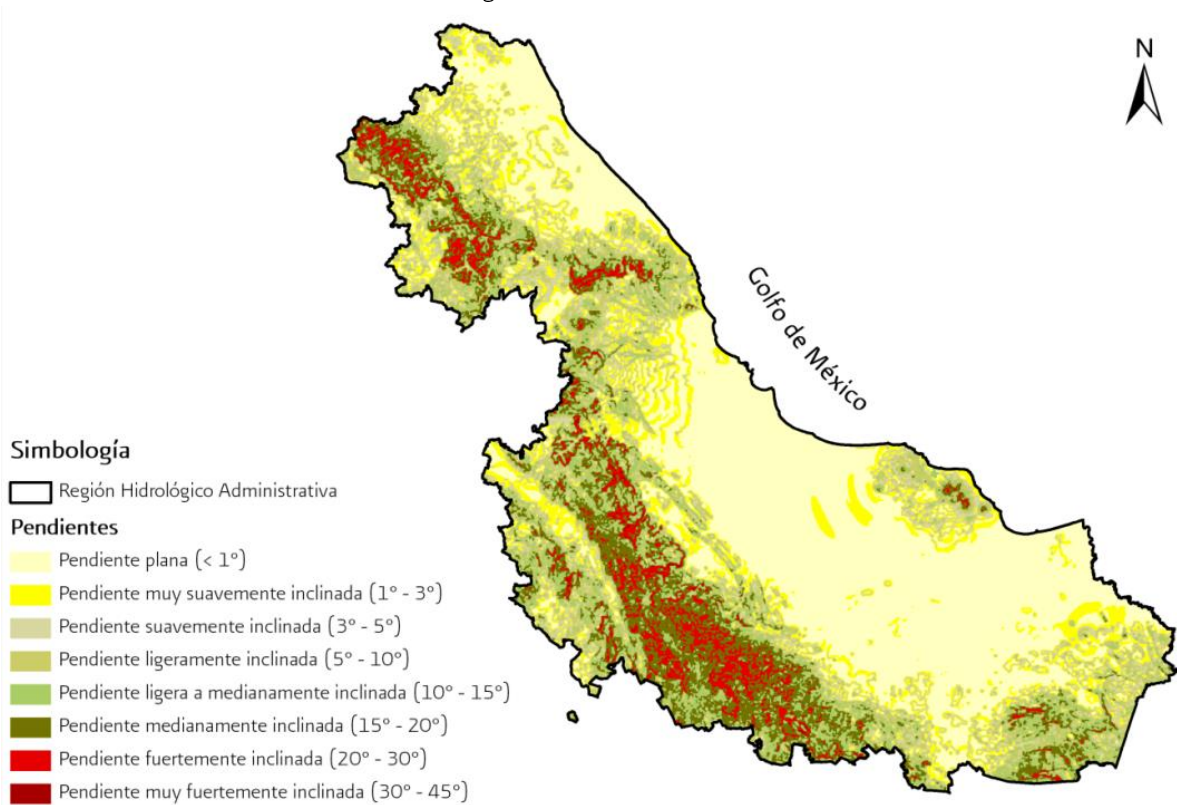
ñosa de la Sierra Madre Oriental se tiene un terreno totalmente accidentado con pendientes fuertemente inclinadas entre 20° y 30° (Tabla 3-6; Figura 3-11).

Tabla 3-6 Tipos de pendientes

No de pendiente	Tipo de pendiente	% de área de RHA
1	Pendiente plana (< 1°)	38.8%
2	Pendiente muy suavemente inclinada (1-3°)	11.7%
3	Pendiente suavemente inclinada (3-5°)	11.2%
4	Pendiente ligeramente inclinada (5-10°)	10.4%
5	Pendiente ligera a medianamente inclinada (10-15°)	11.2%
6	Pendiente medianamente inclinada (15-20°)	12.0%
7	Pendiente fuertemente inclinada (20-30°)	4.6%
8	Pendiente muy fuertemente inclinada (30-45°)	0.1%

Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: Semarnat. Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. (ed.), Fecha de publicación: Junio de 2003.

Figura 3-11 Pendientes



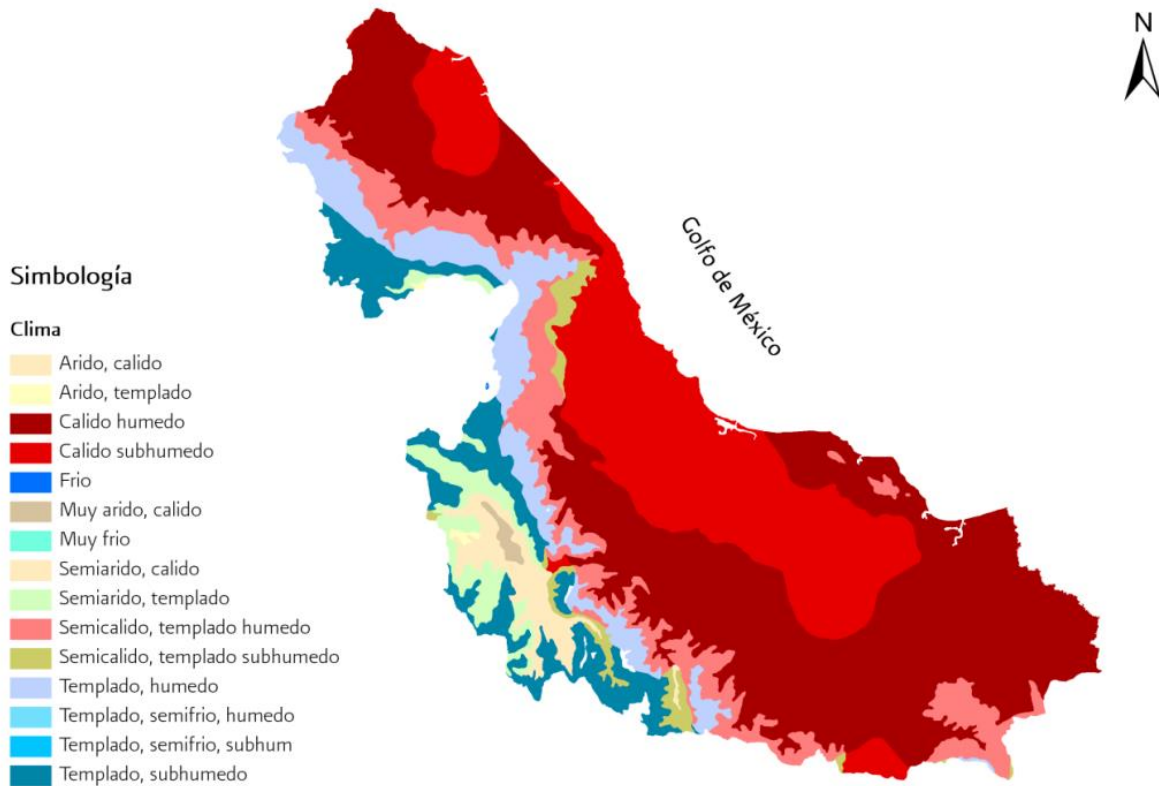
Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: Semarnat. Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. (ed.), Fecha de publicación: Junio de 2003.  
<http://infoteca.Semarnat.gob.mx/metadataexplorer/explorer.jsp> (Ángulos de inclinación)

### 3.3.2 Meteorología

Las bajas elevaciones sobre el nivel del mar, los vientos húmedos del Golfo de México y la ubicación en la zona intertropical, propician que casi el 65% de extensión de la RHA X GC cuente con un clima cálido húmedo y cálido subhúmedo. Este tipo de clima se observa sobre las provincias Llanura Costera Veracruzana y Llanuras y Lomeríos así como

al norte de la región. Hacia las zonas de la Sierra Madre Oriental en dirección occidente y conforme se incrementan las elevaciones sobre el nivel del mar los climas varían de semicálidos a templados. En las zonas de alta montaña se tienen climas semiáridos y áridos, y en lo que corresponde a la zona del Pico de Orizaba y Cofre de Perote el clima es predominantemente frío (Figura 3.12; Tabla 3-7).

Figura 3-12 Clima en la RHA X GC



Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: CONAGUA, Organismo de Cuenca Golfo Centro.

Tabla 3-7 Tipos de clima en la RHA X GC

Clima	Área km2	% de área
Árido, cálido	2,161.01	2.1%
Árido, templado	135.24	0.1%
Cálido húmedo	42,216.41	40.8%
Cálido subhúmedo	24,928.39	24.1%
Muy árido, cálido	321.62	0.3%
Semiárido, cálido	700.90	0.7%
Semiárido, templado	3,003.56	2.9%
Semiárido, templado humeado	11,309.77	10.9%
Semicálido, templado subhúmedo	1,932.73	1.9%
Templado, húmedo	7,692.97	7.4%
Templado, semifrío, húmedo	1,021.03	1.0%
Templado, subhúmedo	8,072.97	7.8%

Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: CONAGUA, Organismo de Cuenca Golfo Centro. Unidades climáticas.

### Temperatura

La RHA X GC se ubica dentro de la zona intertropical del planeta donde el clima y las temperaturas varían primordialmente en

función del relieve, este se convierte en el factor modificador del clima de mayor importancia. Este hecho ha determinado un criterio para la conceptualización de los pisos térmicos, que son fajas climáticas delimita-

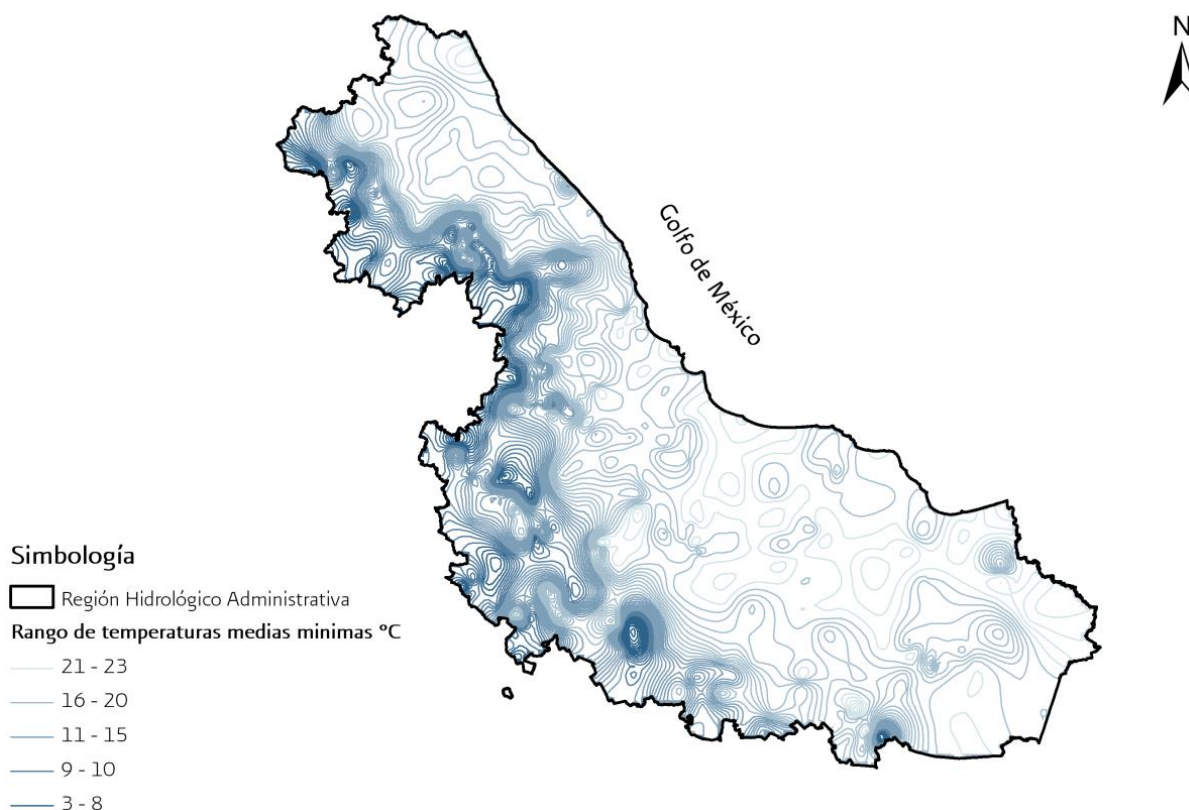
das por curvas de nivel que generan también curvas de temperatura (isotermas) las cuales se han establecido tomando en cuenta: tipos de vegetación, temperatura y orientación del relieve. Se considera la existencia de cuatro pisos térmicos en la zona intertropical:

1. **Macrotérmico** (menos de 1 km de altura): con una temperatura que varía entre los 27° al nivel del mar y los 20°.
2. **Mesotérmico** (1 a 3 km): presenta una temperatura entre los 10 y 20 °C, su clima es templado de montaña.
3. **Microtérmico** (3 a 4,7 km): su temperatura varía entre los 0 y 10 °C. Presenta un tipo de clima de Páramo o frío.

4. **Gélido** (más de 4,7 km): su temperatura es menor de 0 °C y le corresponde un clima de nieves perpetuas.

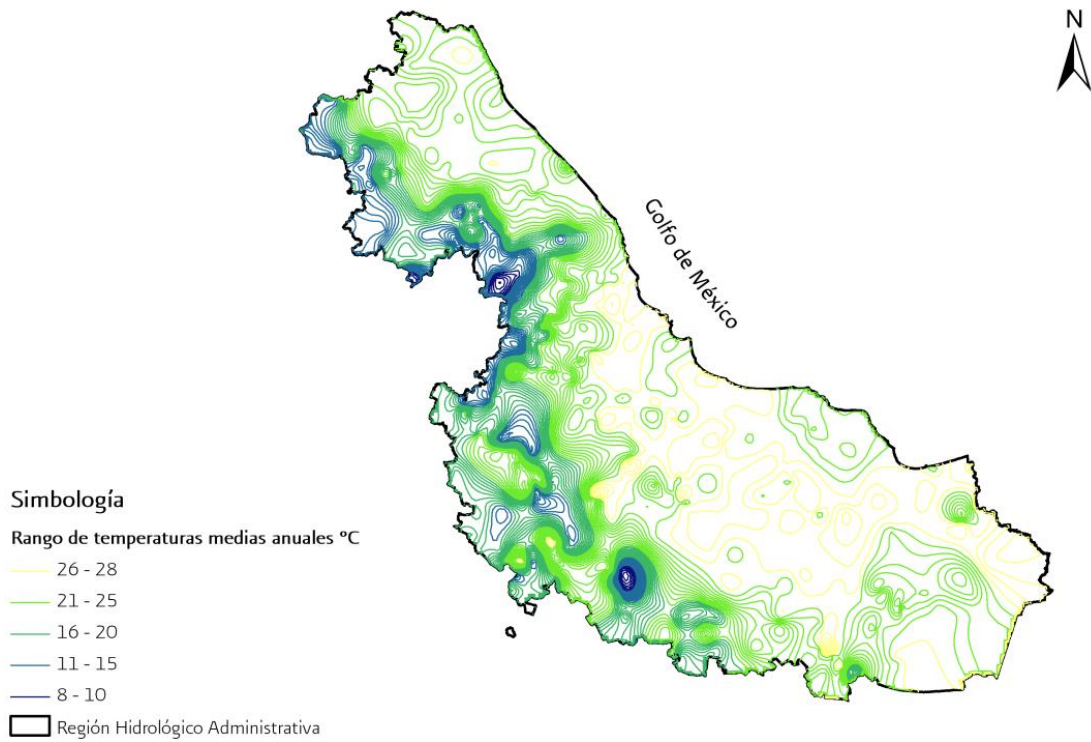
Dado lo anterior, en la Región se tienen temperaturas de carácter Gélido, principalmente en dos zonas: Cofre de Perote y Pico de Orizaba con una temperatura media mínima anual de 3°C (Figura 3.13). La temperatura media anual de 19°C (Figura 3-14) se localiza principalmente al occidente de la región mientras que la temperatura media máxima anual de 25°C (Figura 3.15) se presenta de manera extensa en la mayor parte de la región.

Figura 3-13 Temperatura media mínima anual



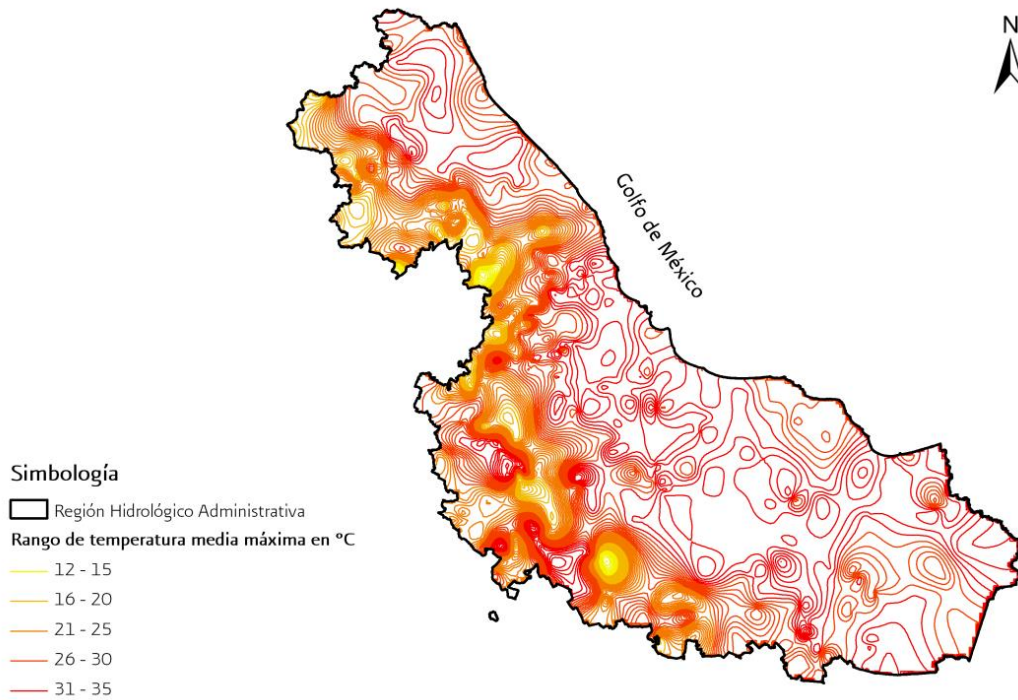
Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: CONAGUA, Organismo de Cuenca Golfo Centro. Temperaturas medias mínimas mensuales

Figura 3-14 Temperatura media anual



Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: CONAGUA, Organismo de Cuenca Golfo Centro.  
Temperaturas medias mensuales

Figura 3-15 Temperatura media máxima anual



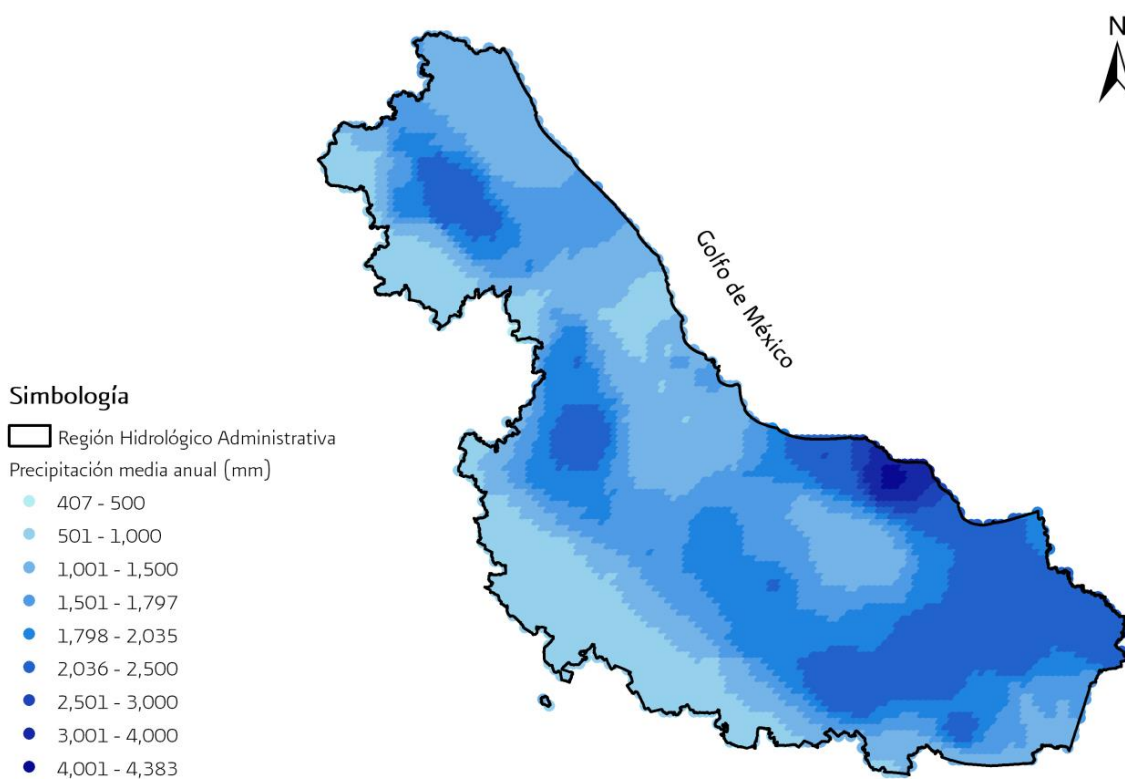
Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: CONAGUA, Organismo de Cuenca Golfo Centro.  
Temperaturas medias máximas mensuales

## Precipitación

En la RHA X GC la precipitación media anual es de 1,594 mm, sin embargo, esta varía desde los 400 mm al suroeste del municipio de Perote, hasta aproximadamente los 4,400 mm en el municipio de Catemaco. En las zonas áridas de alta montaña la precipitación es menor, 500 mm anuales. Al des-

cender la altitud y en climas templados subhúmedos la precipitación aumenta de 500 a 1,000 mm. El 60% de la superficie de la región tiene una precipitación de 1,000 a 2,000 mm, el 21% de la superficie 2,000 a 3,000 mm y sobre la sierra Los Tuxtlas que representa un 1.1% de la región llueven de 3,000 a 4,000 mm al año (Figura 3-16).

Figura 3-16 Precipitación media anual



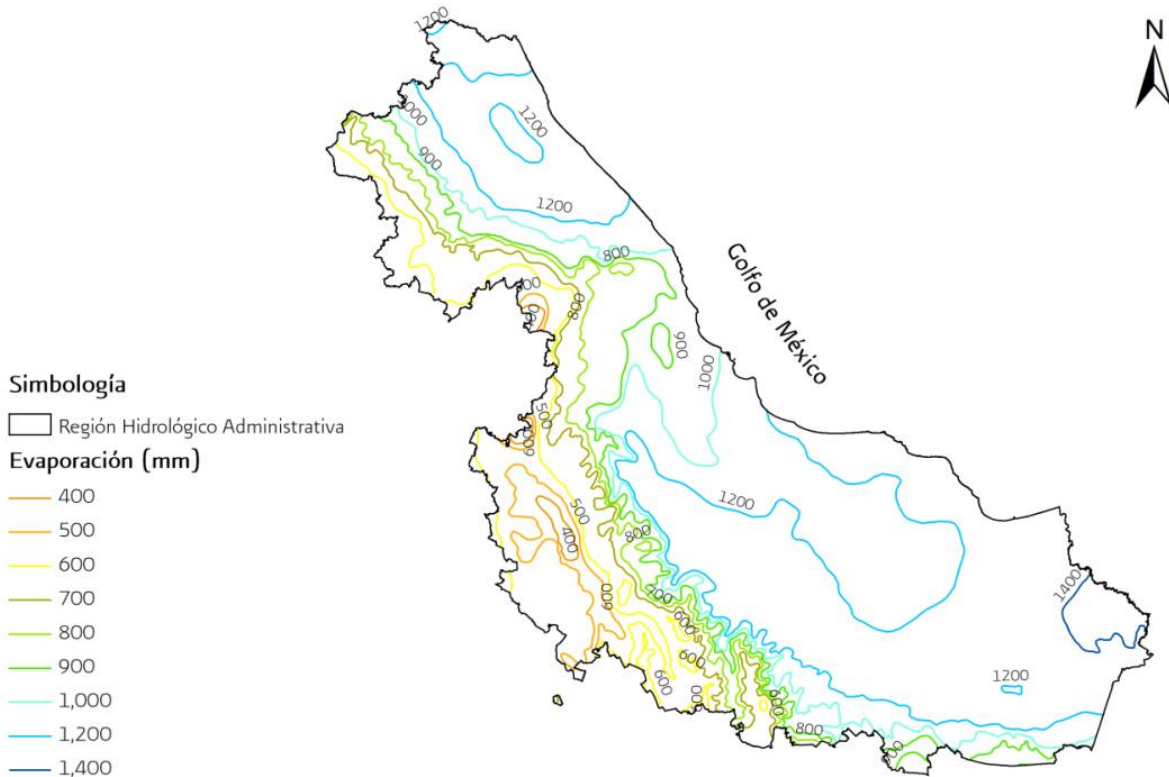
Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: base de datos CLICOM actualizado a 2009.

## Evaporación

La evaporación media anual en la RHA X GC es aproximadamente de 820 mm, la evaporación máxima de 1,400 mm se presenta al sureste de la región. Sin embargo, la evapo-

ración predominante es de 1,200 mm localizándose en las zonas bajas de la región y al ascender sobre la Sierra Madre Oriental la evaporación disminuye hasta los 400 mm (Figura 3-17).

Figura 3-17 Evaporación



Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: INEGI 2000. Evaporación.

### 3.3.3 Hidrología

La RHA X GC está conformada por 31 cuencas hidrológicas las cuales albergan un área total de 102,232.20 km<sup>2</sup> dentro de la Región (Figura 3-18; Tabla 3-8). De las 31 cuencas hidrológicas, 13 pertenecen al Consejo de Cuenca de los ríos Tuxpan al Jamapa (ríos Tuxpan, Cazonas, Tecolutla, Nautla, Misantla, Colipa, Llanuras de Tuxpan, Actopan, La Antigua, Jamapa, Cotaxtla, Jamapa-Cotaxtla y Llanuras de Actopan), estas constituyen un área de 33,511.20 km<sup>2</sup> dentro de la región, siendo la del río Tecolutla la cuenca con la mayor superficie dentro de este consejo y la cuenca del Río Jamapa – Cotaxtla la cuenca con la superficie más pequeña no solo del consejo sino dentro de toda la región 7,966.80 y 310.80 km<sup>2</sup> respectivamente (Figura 3.18; Tabla 3-8).

Las 12 cuencas pertenecientes al Consejo de Cuenca del Río Papaloapan (ríos Salado,

Grande, Trinidad, Valle Nacional, Playa Vicente, Santo Domingo, Tonto, Blanco, San Juan, Tesechoacán, Papaloapan y Llanuras de Papaloapan) suman un área total de 47,168.10 km<sup>2</sup> dentro de la RHA X GC, siendo las Llanuras de Papaloapan la cuenca con la mayor aportación de área dentro de este consejo y la del río Tesechoacán la cuenca con la menor aportación 6,737.70 y 1,183.50 km<sup>2</sup> respectivamente (Figura 3.16; Tabla 3.8).

Por último, las seis cuencas pertenecientes al Consejo del Río Coatzacoalcos (Alto Río Coatzacoalcos, Bajo Río Coatzacoalcos, Alto Río Uxpanapa, Bajo Río Uxpanapa, Río Huazuntlán y Llanuras del Coatzacoalcos), albergan un área total de 21,552.90 km<sup>2</sup> siendo el Alto Río Coatzacoalcos la cuenca más prominente no solo del consejo sino de toda la región y las Llanuras del Coatzacoalcos la cuenca con la menor área dentro del