

**Atlas de peligro
al Cambio Climático
como instrumento
de adaptación
del Sector Petrolero**



**Atlas de Peligro
al Cambio Climático
como instrumento
de adaptación
del Sector Petrolero**





Históricamente el sector petrolero, como muchos otros, se ha visto impactado por la ocurrencia de inundaciones, deslaves de laderas, sequías y erosión costera, entre otros importantes eventos relacionados con el clima. De acuerdo con expertos en el tema de cambio climático, en los próximos años se podría ver incrementada la intensidad de fenómenos detonantes de este tipo de daños, como ciclones tropicales, frentes fríos y zonas de calmas, entre otros. Esto implicaría un mayor peligro para el sector petrolero y en consecuencia para el país, debido a que constituye la principal fuente de abastecimiento de combustibles, así como a la gran inversión existente en infraestructura, su influencia en la dinámica económica, y su determinante contribución en las finanzas públicas.

El Centro Mario Molina ha analizado el nivel de riesgo al impacto de fenómenos hidrometeorológicos extremos, entendiendo este impacto como la relación entre los componentes de peligro y vulnerabilidad. Sin embargo, en el presente atlas sólo se aborda el nivel de peligro, definido como la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo y de su potencial impacto en las instalaciones petroleras estratégicas y de mayor relevancia, clasificadas como “AAA”, ya que una falla en su operación afectaría a todo el país o a extensas regiones, constituyendo un factor de desestabilización para la seguridad nacional. Aspirar a evaluar la vulnerabilidad de dichas instalaciones y pasar a la fase de gestión del riesgo, implica un reto mucho mayor, tanto en recursos como en tiempo requerido, por lo que de momento queda como tema pendiente para futuros desafíos.

Esta publicación se presenta como producto del trabajo que esta institución ha desarrollado de manera sistemática en los últimos años, en el contexto de evaluar el potencial impacto al sector social, económico y natural del país, por el incremento en la intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático. Esperamos que este atlas aporte, en la medida de sus alcances y limitaciones, al reforzamiento de las políticas internas del sector petrolero en el tema de cambio climático, sobre todo a la luz de los nuevos cambios contemplados en la recién aprobada Reforma Energética. No omitimos resaltar nuestro agradecimiento a Petróleos Mexicanos, tanto por su apoyo cartográfico como por sus valiosas opiniones vertidas durante el proceso de conformación de esta publicación.

Centro Mario Molina



CENTRO MARIO MOLINA
PARA ESTUDIOS ESTRATÉGICOS
SOBRE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE, A.C.

Dr. Mario Molina
Presidente

Dr. Juan Carlos Belausteguigoitia Rius
Director Ejecutivo

INTEGRANTES DEL PROYECTO

Biól. Adolfo Lara Vázquez
Geóg. Enrique Ramírez Flores
Geóg. Alma Luz Cabrera Sánchez
M. en C. Daniela Alejandra Jurado Cruz
Geóg. Martín Eduardo Morales Espinosa
Lic en G. I. Nancy Hernández Valdez
M. en C. Nayeli Almanza Lazcano
Lic. en C. G. I. José Luis Jasso Parra
Geóg. Verónica Carballido Quintanar
Biól. Sara Sachiko Chiriguchi Murayama

Noviembre de 2014

Agradecemos la aportación al Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología (CONACYT)
para la realización de este proyecto.



Contenido

6	Introducción Objetivo Alcance Metodología
7	Peligro Inundaciones pluviales Sequías Deslaves de laderas Erosión costera
8	Importancia del sector Petrolero en México Escala Nacional
9	Infraestructura estratégica nacional
10	Peligro de las instalaciones petroleras estratégicas a inundaciones pluviales
12	Peligro de las instalaciones petroleras estratégicas a deslaves de laderas
14	Peligro de las instalaciones petroleras estratégicas a sequía
16	Peligro de las instalaciones petroleras estratégicas a erosión costera

PEMEX Exploración y Producción	
Escala Regional	
18	Campos petroleros y ductos
19	Peligro de los campos petroleros y ductos a inundaciones pluviales
19	Peligro de los campos petroleros y ductos a erosión costera
Escala Local	
20	Terminal Marítima Dos Bocas Paraíso, Tabasco.
21	Ubicación
22	Inundaciones pluviales
23	Erosión Costera

PEMEX Refinación

Escala Regional

- 24 Refinerías y ductos
- 25 Peligro de las refinerías y ductos a inundaciones pluviales
- 25 Peligro de las refinerías y ductos a sequía

Escala Local

- 26 **Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime**
Salina Cruz, Oaxaca.
- 27 Ubicación
- 28 Inundaciones pluviales
- 29 Sequía
- 30 **Refinería Ing. Antonio M. Amor**
Salamanca, Guanajuato.
- 31 Ubicación
- 32 Inundaciones pluviales
- 33 Sequía
- 34 **Refinería Gral. Lázaro Cárdenas del Río**
Minatitlán, Veracruz.
- 35 Ubicación
- 36 Inundaciones pluviales
- 38 **Refinería Francisco I. Madero**
Ciudad Madero, Tamaulipas.
- 39 Ubicación
- 40 Inundaciones pluviales
- 41 Sequía
- 42 **Refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa**
Cadereyta, Nuevo León.
- 43 Ubicación
- 44 Inundaciones pluviales
- 45 Sequía

PEMEX Gas y Petroquímica Básica

Escala Regional

- 46 Complejos procesadores de gas y ductos
- 47 Peligro de los complejos procesadores de gas y ductos a inundaciones pluviales
- 48 Peligro de los complejos procesadores de gas y ductos a erosión costera

Escala Local

- 50 **Complejo Procesador de Gas Coatzacoalcos**
Coatzacoalcos, Veracruz.
- 50 **Complejo Procesador de Gas La Venta**
Huimanguillo, Tabasco.
- 51 Ubicación
- 52 Inundaciones pluviales
- 53 Erosión Costera
- 54 **Complejo Procesador de Gas Cactus**
Reforma, Chiapas.
- 54 **Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex**
Centro, Tabasco.
- 54 **Complejo Procesador de Gas Ciudad Pemex**
Macuspana, Tabasco.
- 55 Ubicación
- 56 Inundaciones pluviales
- 57 Deslaves de laderas
- 58 **Complejo Procesador de Gas Reynosa**
Reynosa, Tamaulipas.
- 59 Ubicación
- 60 Inundaciones pluviales
- 61 Sequía

PEMEX Petroquímica

Escala Regional

- 62 Complejos petroquímicos
- 63 Peligro de los complejos petroquímicos a inundaciones pluviales

Escala Local

- 64 **Complejo Petroquímico Cangrejera**
Coatzacoalcos, Veracruz.
- 64 **Complejo Petroquímico Morelos**
Coatzacoalcos, Veracruz.
- 64 **Complejo Petroquímico Cosoleacaque**
Cosoleacaque, Veracruz.
- 65 Ubicación
- 66 Inundaciones pluviales
- 67 Erosión Costera
- 69 Conclusiones
- 70 Bibliografía
- 71 Glosario

Introducción

La elaboración y presentación de este atlas encuentra fundamento en la gran trascendencia que tiene y ha tenido el aprovechamiento de los hidrocarburos en México como uno de los pilares fundamentales de su desarrollo, que ha permitido dotar de energía al país, generar divisas y empleos, así como contribuir significativamente a las finanzas gubernamentales. Una clara idea de la importancia estratégica que tiene este sector para la economía y desarrollo del país, son las cifras reportadas por el INEGI sobre los ingresos fiscales del Gobierno Federal entre 2007 y 2012: en las que los derechos y aprovechamientos petroleros, representan entre 25.1 y 33.8% de sus ingresos totales.

Con la reciente promulgación de la Reforma Energética, Petróleos Mexicanos ha iniciado un proceso de reestructuración interna con el reto de transformarse en una empresa productiva del estado, ágil, flexible y eficiente, y de adaptarse a una nueva realidad que marca la apertura a un mercado de libre competencia. Es precisamente en este entorno de cambios, que el presente documento pretende abonar al proceso de fortalecimiento del sector petrolero en México desde una perspectiva de prevención y mitigación de potenciales daños causados por fenómenos asociados al cambio climático.

La infraestructura petrolera, como muchas otras, se ha visto sometida históricamente al embate de diversos fenómenos extremos de carácter meteorológico, sin embargo, estas afectaciones se han visto agudizadas en las últimas décadas debido al incremento en su intensidad. Entre estos fenómenos extremos podemos mencionar lluvias torrenciales, reducción en la cantidad de lluvia promedio, mareas de tormenta y fuertes vientos; ocasionados por ciclones tropicales, frentes fríos y zonas de calmas, que han generado grandes desastres por inundaciones, deslaves de laderas, sequías intensas y erosión de la línea de costa, con los consecuentes daños a la infraestructura petrolera, y a la población, actividades productivas y recursos naturales existentes en las zonas afectadas.

De acuerdo con afirmaciones realizadas por investigadores y científicos en torno al tema del cambio climático, en los próximos años se podría ver incrementada la intensidad de estos fenómenos, lo que acrecentaría el peligro al que se encuentra expuesta la infraestructura petrolera y, por ende, los elementos sociales, económicos y naturales existentes en su entorno. A manera de ejemplos, cabe mencionar el hundimiento en 2007 de la plataforma petrolera Usamacinta en aguas del Golfo de México; los múltiples accidentes de ductos petroleros causados por arroyadas y deslaves de ladera en diversas zonas del país; los grandes daños ocasionados en la costa de Guerrero en 2013 por las tormentas tropicales Manuel e Ingrid; y el reciente desastre ocasionado en este año por el Huracán Odile en el sur de la Península de Baja California.

El reto que plantea abordar el peligro del sector petrolero a la ocurrencia de fenómenos extremos es muy complicado, ya que aún con los grandes avances científicos, técnicos y metodológicos alcanzados a la fecha, existen todavía grandes lagunas e incertidumbres en torno a este tema. El hecho de que en este documento se analicen fenómenos bajo el enfoque de periodos de retorno, permite conocer la probabilidad de repetición del mismo en un tiempo y espacio dados. Sin embargo, su limitación reside en que parten de datos de eventos ya acontecidos, estáticos, donde algunas variables intervinientes no son consideradas de manera plena. Por otro lado, tratar de utilizar los escenarios climáticos propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, y adaptados para México por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, resulta poco aplicable por el alto grado de incertidumbre que manejan debido al poco detalle de la escala empleada. Estos no contemplan de manera suficiente la influencia del relieve y las corrientes oceánicas; y al manejar promedios, los datos de los fenómenos extremos se ocultan.

La razón por la cual el presente atlas desarrolla únicamente la etapa de exposición al peligro de la infraestructura petrolera, se debe a que un análisis de riesgo tendría que abordar la vulnerabilidad de cada instalación, es decir, su sensibilidad o características particulares, además de su propia capacidad adaptativa, lo cual incrementa de forma extrema el tiempo y costo necesario para su desarrollo. Debido a lo anterior, el análisis de riesgo y la identificación de medidas de adaptación específicas para cada instalación petrolera quedarán para posibles etapas posteriores.

Bajo esta perspectiva, el presente atlas se estructura en términos del peligro que representa el potencial impacto de los fenómenos ya mencionados sobre las instalaciones petroleras terrestres de PEMEX, primero desde una perspectiva nacional por tipo de daño, pasando a una escala regional por subsidiaria, para finalmente entrar a un análisis local de las instalaciones más representativas de los actuales Organismos Subsidiarios de PEMEX (Exploración y Producción, Refinación, Gas y Petroquímica Básica y Petroquímica), considerando además un breve análisis del entorno de dichas instalaciones.

Ante el panorama de creciente peligro de las instalaciones petroleras por la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático, y ante el mandato de diversos ordenamientos generados en la materia en años recientes, se vuelve necesario avanzar hacia el fortalecimiento y sustentabilidad de esta actividad, mediante la identificación de estrategias y medidas adecuadas de adaptación, que permitan reducir el riesgo de las instalaciones e incrementar su capacidad de resiliencia.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue diseñar un atlas de peligro al cambio climático que permita fortalecer los procesos de política interna, de toma de decisiones y de responsabilidad social del sector petrolero, y que a la vez constituya la antesala para la posterior identificación de estrategias y medidas de adaptación particulares.

Alcance

El atlas contiene información sobre el peligro al que están expuestas las instalaciones estratégicas petroleras terrestres clasificadas como “AAA”, ante el posible impacto de fenómenos meteorológicos extremos relacionados con el cambio climático, y algunas de sus más importantes consecuencias: inundaciones, deslaves de laderas, sequías y erosión costera.

Metodología

La metodología de análisis de peligro, vulnerabilidad y riesgo que está utilizando el Centro Mario Molina, se apoya en documentos y trabajos realizados tanto en el país como en el extranjero y en la experiencia de su mismo personal, así como en consultas a investigadores, técnicos y funcionarios de dependencias del sector público y de investigación, entre los que se puede mencionar a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, al Instituto Mexicano del Tecnología del Agua, al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, al Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, al Instituto Mexicano del Transporte y al Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Aunque en el presente atlas sólo se aborda la fase de peligro, se considera importante hacer una breve revisión de los conceptos fundamentales que involucra el riesgo, para de esta manera tener una idea clara del marco conceptual que soporta este estudio. La metodología considera al riesgo como la interacción entre dos factores fundamentales: peligro y vulnerabilidad. El peligro se refiere a la probabilidad de ocurrencia, en un espacio y tiempo determinado, de un evento perjudicial; incorpora las características físicas o de susceptibilidad de un territorio ante un determinado fenómeno, así como la intensidad con la que puede presentarse. La frecuencia se determinó a través de la estimación del periodo de retorno de lluvias extremas y sequías (Aparicio, 1992, CEPRENAC-PNUD, 2003, ISDR, 2009, Soldano, 2009).

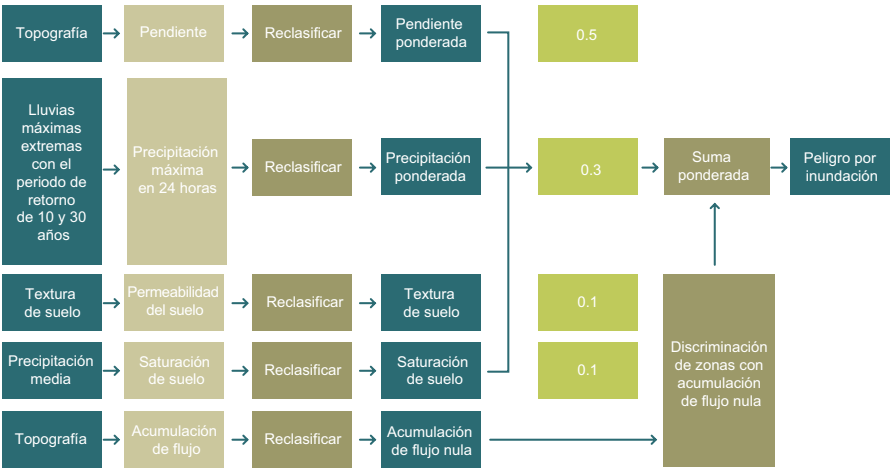
La vulnerabilidad es un concepto asociado a las características estructurales, funcionales, sociales, económicas y políticas que caracterizan a los elementos sujetos a un peligro; tales condiciones pueden aumentar o disminuir su susceptibilidad al impacto del mismo. En primera instancia, la vulnerabilidad está constituida por el grado de exposición; por ejemplo, el número de habitantes ubicados en un sitio o el valor de los bienes y del entorno en condición de peligro. La vulnerabilidad también incorpora las nociones de sensibilidad, que está relacionada con las características particulares de quienes están expuestos al peligro; y de capacidad adaptativa, que se refiere a la aptitud de un sistema para ajustarse a un cambio, mitigar posibles daños y aprovechar las oportunidades (Corona, 2009, Polsky, 2007, Turner, 2002).

Peligro

Para cada tipo de peligro se diseñó una metodología particular de estudio basada en análisis multicriterio que responde a los procesos específicos involucrados y a la disponibilidad de información. Sin embargo, todas las modelaciones consideran ciertos fundamentos básicos que señalan que los peligros poseen una dimensión espacial y otra temporal. Para evaluar la dimensión espacial se determinó la predisposición o tendencia de una zona a ser afectada físicamente por un peligro; mientras que, para la dimensión temporal, se involucró el cálculo de períodos de retorno o análisis de frecuencia de los fenómenos detonadores. De esta manera, fue posible identificar las zonas de peligro y qué probabilidad de ocurrencia temporal tiene el evento que las origina. Las fuentes de información y metodologías particulares se resumen a continuación:

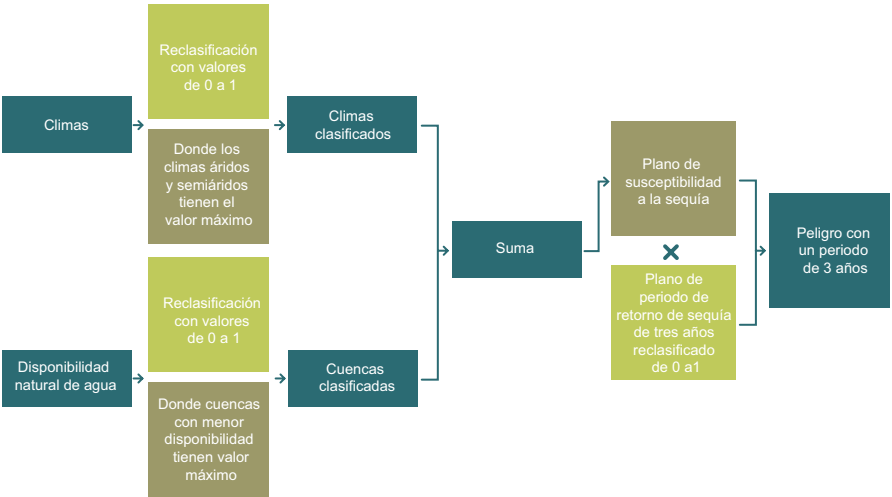
Inundaciones pluviales

Se realizó un análisis integrado de precipitación máxima en 24 horas, condición topográfica, pendiente, saturación y permeabilidad del suelo. En función de los datos de lluvia utilizados, se obtuvo un escenario de inundación que muestra cualitativamente el nivel de peligro relacionado con una tormenta extrema con períodos de retorno de 10 años. Para establecer el nivel de peligro, los valores se normalizaron en un rango de 0 a 1.



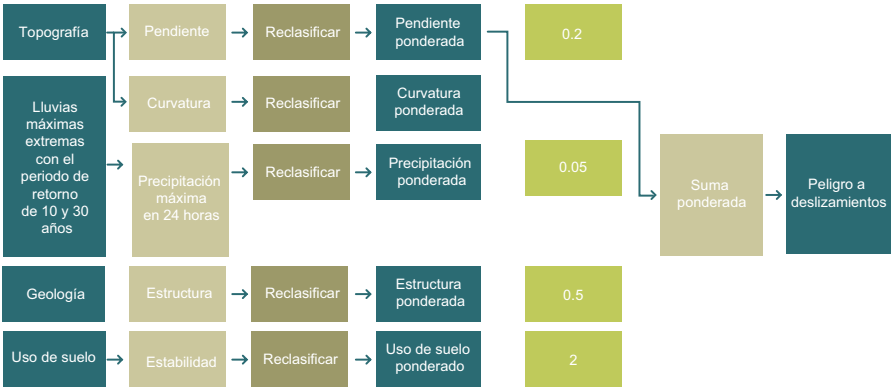
Sequía

Se calculó el *índice de Palmer*, que muestra la gravedad de la situación hídrica con base en el balance de la humedad mensual, para lo cual emplea registros de precipitación, temperatura y de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Para obtener la distribución histórica de la sequía en el país, una vez que se calculó el *índice de Palmer* para 535 estaciones meteorológicas distribuidas en el país, que tuvieron información suficiente para este índice, se obtuvo el periodo de retorno de la sequía para cada una de las estaciones y posteriormente, se generaron los planos de distribución de la sequía a través de un proceso de interpolación.



Deslaves de laderas

La combinación de factores como tipo de roca, pendiente, tipo de ladera, uso de suelo y vegetación, aunado a eventos de lluvias extremas o tormentas, posibilitan la obtención de ocurrencia de procesos de remoción en masa o deslaves de laderas. De igual manera, se obtuvo un escenario de deslaves que muestra cualitativamente el nivel de peligro relacionado con una tormenta extrema con períodos de retorno de 10 años. Para establecer el nivel de peligro, los valores se normalizaron en un rango de 0 a 1.



Erosión costera

Para este tema se utilizó la información sobre diferenciación geomorfológica de las costas de México, generada por el Instituto de Geografía de la UNAM, donde se menciona que estos procesos de avance o retroceso de la línea de costa están sujetos, en mayor o menor medida, a fluctuaciones (ascensos principalmente) del nivel medio del mar, y a procesos de dinámica costera influenciados por fenómenos hidrometeorológicos, construcción de obras y realización de actividades antrópicas.



Importancia del sector petrolero en México

Hasta 2013 Petróleos Mexicanos (PEMEX) había sido la única empresa paraestatal encargada de la prospección, exploración, extracción, transformación, transporte, distribución y venta de productos petrolíferos en México, atribuciones que estaban sustentadas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Durante muchos años el sector petrolero, y en particular PEMEX, ha construido una importante infraestructura física y operativa. De acuerdo con datos disponibles, hasta fines de 2012 las subsidiarias de PEMEX administraban 449 campos de producción, 9 439 pozos en explotación, 232 plataformas marinas, 70 complejos procesadores de gas, 6 refinerías, 8 complejos petroquímicos, 39 plantas petroquímicas, 18 terminales de gas licuado, 77 terminales de almacenamiento y reparto de productos petrolíferos y 17 buquetanques, entre otros bienes e instalaciones, que han permitido una producción importante de hidrocarburos y una sustancial participación en las finanzas públicas del país (PEMEX, 2013).

Así por ejemplo, durante 2012 los ingresos totales de PEMEX ascendieron a un billón 647 mil millones de pesos, con rendimientos de operación de 905 mil millones de pesos e inversiones por 311 mil millones de pesos. Cabe agregar que la producción de hidrocarburos se ha mantenido estable en los últimos años, ubicándose para este año en 2 millones 548 mil barriles diarios de petróleo, y en 6 mil 385 millones de pies cúbicos diarios de gas natural (PEMEX, 2013).

En diciembre de 2013, la regulación aplicable al sector petrolero fue modificada con la publicación de la Reforma Energética, que impulsa nuevos mecanismos de alianzas con particulares para la instrumentación de nuevos proyectos, dentro de un entorno de competencia tanto en la exploración y extracción de hidrocarburos, como en su transformación en petrolíferos y petroquímicos, posibilitando así la reestructuración de PEMEX. A consecuencia de lo anterior, a mediados de noviembre de 2014 se decretó la eliminación de los cuatro organismos subsidiarios existentes convirtiéndolos en dos empresas productivas subsidiarias: Exploración y Producción y Transformación Industrial.

En las siguientes secciones se realiza un análisis de la infraestructura clasificada como “AAA” en relación con el peligro al que se encuentra expuesta por la ocurrencia de inundaciones, deslaves, sequías y erosión costera, considerando tres escalas de análisis y los cuatro Organismos Subsidiarios antes mencionados, esto debido a que la publicación de este atlas coincidió con la reestructuración de PEMEX.



Escala Nacional
Infraestructura estratégica nacional

Peligro de las instalaciones petroleras estratégicas por inundaciones pluviales

Las zonas de más alto peligro por inundaciones pluviales, considerando un periodo de retorno de 30 años, se ubican en la llanura costera del Golfo de México, Península de Yucatán y costas de Sonora, Sinaloa y Chiapas. Más del 50% del territorio mexicano se encuentra en algún grado de peligro a inundaciones pluviales. El 65% de la infraestructura petrolera nacional clasificada como “AAA” se localiza en zonas con peligro alto y muy alto por inundaciones. Destacan por encontrarse en zonas de alto y muy alto peligro por inundaciones los campos procesadores de gas de Ciudad Pemex y Reynosa; la terminal de almacenamiento y reparto de Azcapotzalco; la batería de separación Arenque; la central de almacenamiento y bombeo de Poza Rica; la refinería Salamanca, la estación de bombeo Nuevo Teapa, y la estación de compresión de Atasta. En orden de importancia las refinerías son las instalaciones que tiene más superficie expuesta a inundaciones, seguidas por las terminales marítimas, los complejos procesadores de gas y petroquímicos, así como por las terminales y centrales de almacenamiento.

Con respecto a los ductos petroleros estratégicos, 8800 kilómetros, equivalentes al 52% del total, tienen algún tramo en zonas de peligro alto y muy alto por inundaciones: de 111 ductos analizados 80 están en estas zonas. Destacan por su peligro el oleoducto Cárdenas–Sta. Cecilia; el ducto de combustóleo Salamanca–Irapuato; los oleoductos de Dos Bocas; y el gasoducto La Pera–Ciudad Pemex, entre otros. Del total de kilómetros en alto y muy alto peligro, 40% corresponde a gasoductos (3600 kilómetros), 21% a poliductos (1800 kilómetros), y 38% a oleoductos (3400 kilómetros). En general, más de 2400 kilómetros se localizan en zonas con alto peligro y más de 6400 kilómetros en zonas de muy alto peligro por inundaciones.

En el caso de los campos petroleros, de los 607 analizados a nivel nacional, 563 tienen algún porcentaje de superficie en zonas de peligro alto y muy alto por inundaciones, sumando en su conjunto más de 630 mil hectáreas. Destacan, por su extensión, el campo Ébano en Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí; el campo Reynosa en Tamaulipas; el campo Cacalilao en Veracruz; y el campo Culebra en Nuevo León y Tamaulipas, entre otros. Por su tipo, los campos mesozoicos de aceite tienen 17% de su superficie en alto y muy alto peligro (108 mil hectáreas), los campos terciarios de aceite 10% (63 mil hectáreas), los campos terciarios de gas 7% (42 mil hectáreas), y los campos no tipificados 66% (422 mil hectáreas).

Tabla 1. Instalaciones con peligro alto y muy alto de inundaciones pluviales

Tipo de instalación	Nombre	Superficie		
		Total	Alto	Muy Alto
		ha	ha	ha
Refinería	Ing. Antonio M. Amor (Salamanca)	407	74	333
Terminal de almacenamiento y reparto	Azcapotzalco	62	49	13
Complejo procesador de gas	Reynosa	55	2	53
Batería de separación	Arenque	33	9	24
Central de almacenamiento y bombeo	Poza Rica	30	0	30
Estación de compresión	Atasta	16	0	16
Estación de bombeo	Nuevo Teapa	11	0	11
Estación de recolección de gas	Playuela	6	0	6
Central de distribución comercializador de crudo	Palomas	4	1	3
Estación de medición y control	Playuela	2	0	2
Complejo procesador de gas	Ciudad Pemex	263	0	263

Tabla 2. Ductos con peligro alto y muy alto a inundaciones pluviales

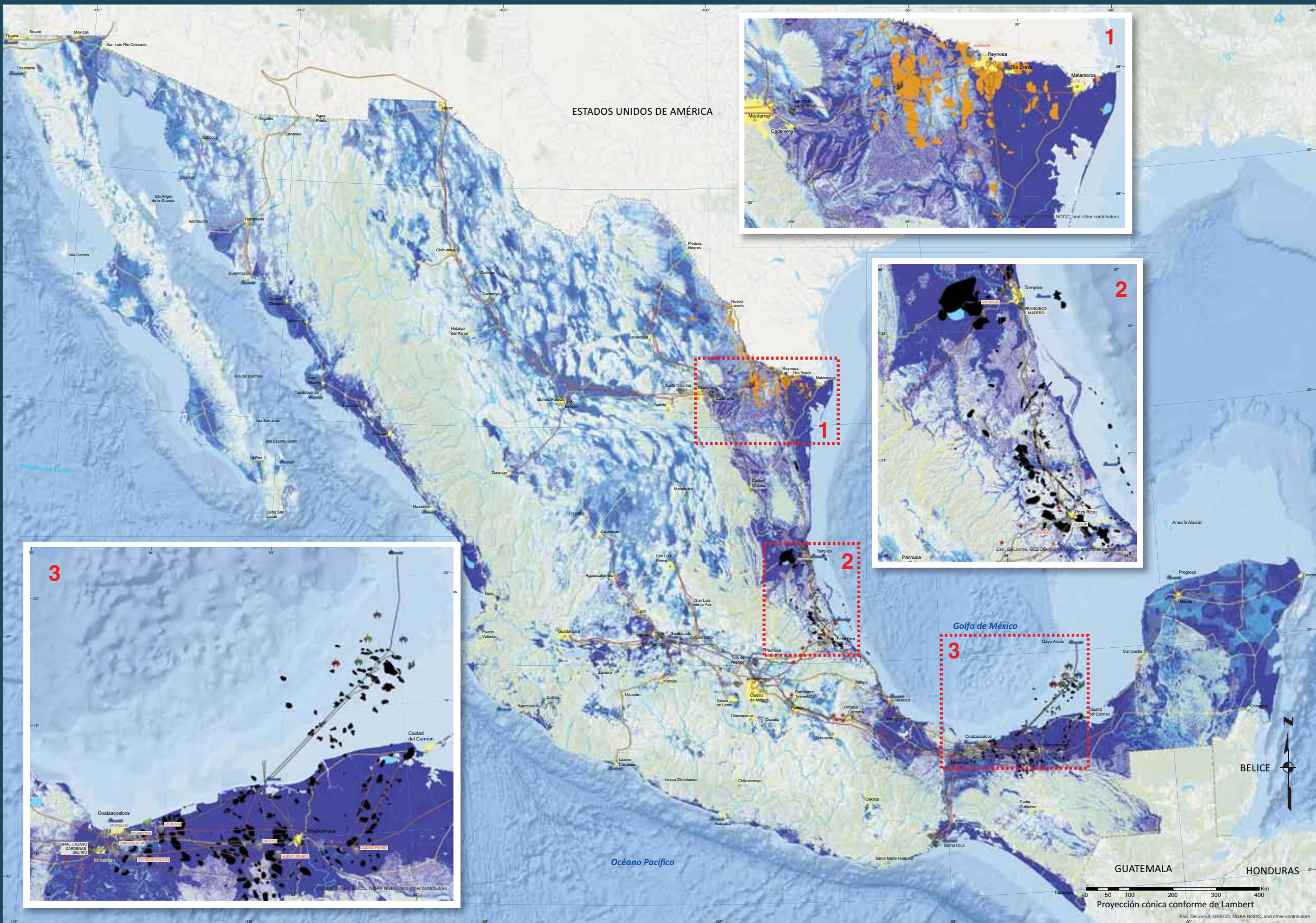
Tipo	Ductos	Kilómetros		
		Total	Alto	Muy Alto
		Km	Km	Km
Poliducto	Combustóleo 14" Ref. Salamanca-Tar. Irapuato	19	6	13
Oleoducto	Oleoducto 36" Dos Bocas-El Misterio Línea 3	62	0	62
Oleoducto	Oleoducto 36" Dos Bocas-El Misterio Línea 1	62	0	62
Oleoducto	Oleoducto 36" Dos Bocas-Castaño L-2	58	0	58
Gasoducto	Gasoducto 36" La Pera Km 85-Cd. Pemex	11	0	11
Oleoducto	Oleoducto 30" Sta. Cecilia-Las Palomas	2	0.7	1.3
Sludge Catcher	Sludge Catcher 48" Atasta-Atasta	20	0	20
Gasoducto	Gasoducto 36" Cd. Pemex-Nuevo Pemex	74	3	69
Gasoducto	Gasoducto 36" Samaria-Cactus	15	0	14
Poliducto	Combustóleo 14" Ref. Madero-CFE Altamira	30	1	27
Poliducto	Gasolinoducto 16" Atasta-Cd. Pemex G1	92	0	84
Gasoducto	Gasoducto 36" Atasta-Cd. Pemex L-3	91	0	84
Gasoducto	Gasoducto 36" Atasta-Cd. Pemex L-2	91	0	84
Gasoducto	Gasoducto 36" Cd. Pemex-Atasta	91	0	84
Oleoducto	Oleoducto 36" Castaño-Palomas L-2	109	4	96
Oleoducto	Oleoducto 48" Misterio-Palomas	107	4	94
Oleoducto	Oleoducto 36" Nudo Cárdenas-Palomas	101	4	88
Oleoducto	Oleoducto 30" Cárdenas-Santa Cecilia	101	4	88

Tabla 3. Campos con peligro alto y muy alto de inundaciones pluviales

Tipo	Campos	Superficie		
		Total	Alto	Muy Alto
		ha	ha	ha
	Ébano	64 291	2 383	58 861
	Reynosa	39 090	1 997	35 444
	Culebra	21 111	4 664	13 450
	Cacalilao	17 504	666	14 646
	Cuicláhuac	16 378	4 814	6 265
	Pánuco	10 717	324	9 823
Terciarios de aceite	Sánchez Magallanes	10 001	0	10 001
	Monterrey	9 532	0	9 532
	Santa Rosalía	13 304	1 798	7 492
Mesozoicos de aceite	Samaria	8 776	74	8 685
	Dieciocho de Marzo	7 984	0	7 984
Mesozoicos de aceite	Cárdenas	7 556	0	7 556
	Francisco Cano	7 699	2	7 260
Terciarios de aceite	Ogarrio	7 046	0	7 046
	Lerma	9 213	4 395	1 966
	Benavides	11 524	4 066	2 220
Mesozoicos de aceite	Sitio Grande	6 250	555	5 287
	Limón	5 838	42	5 792
	Misión	6 363	688	5 110
	Carretas	8 134	1 519	4 256
	Mojarreñas	6 968	1 272	4 389
	Lomitas	8 792	4 010	1 415
Mesozoicos de aceite	Bellota	5 393	0	5 393
	Cuatro Milpas	8 707	2 142	3 211
	Pascualito	5 340	129	5 210
	Treviño	5 243	0	5 243
Mesozoicos de aceite	Agave	5 161	9	5 152
Terciarios de aceite	La Central	5 119	83	5 014

Infraestructura estratégica de PEMEX

Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Infraestructura estratégica	
	Complejo petroquímico
	Complejo procesador de gas
	Refinería
Centrales de almacenamiento	
	Almacenamiento estratégico
	Almacenamiento y bombeo
	Batería de separación
Estaciones	
	Bombeo
	Compresión
	Medición
	Recolección
	Regulación y medición
Plantas	
	Compresión
	Deshidratadora
Plataformas	
	Endulzamiento
	Enlace
	Perforación
	Producción
	Bombeo
Terminales	
	De almacenamiento y reparto
	De distribución de gas licuado
	Terminal marítima
Campos	
	Gas
	Petróleo
Otras instalaciones	
	Centro de venta
Ductos	
	Gasoducto
	Oleoducto
	Poliducto
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
	Limite internacional
	Limite estatal
Peligro de inundación Periodo de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo

Infraestructura estratégica nacional

Peligro de las instalaciones petroleras estratégicas por deslaves de laderas.

Las zonas con mayor peligro por deslaves de laderas, considerando un periodo de retorno de lluvias extremas de 30 años como factor detonador, se localizan principalmente en los estados de Hidalgo, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas, y en menor medida en la parte central de la Sierra Madre Occidental.

A nivel nacional, los resultados indican que el 46% del territorio mexicano cuenta con algún grado de peligro a deslaves, aunque sólo el 5% corresponde a un grado de peligro alto y muy alto. Menos del 1% de la infraestructura petrolera estratégica se ubica en zonas con peligro alto y muy alto por deslaves. De los 111 ductos estratégicos analizados, 19 tienen tramos en zonas de alto y muy alto peligro por deslaves (66 kilómetros). Destacan, por extensión, el poliducto 14" Cab. Poza Rica – Refinería Tula con 18 kilómetros (8% de su extensión), y los oleoductos 24"-14"-16" Poza Rica – Refinería Salamanca con 18 kilómetros (4% de su extensión total). Del total de kilómetros en alto y muy alto peligro, 58% corresponde a poliductos (38 kilómetros), 32% a oleoductos (21 kilómetros), y 10% a gasoductos (6 kilómetros). Poco más de 46 kilómetros de ductos se ubica en zonas de alto peligro de deslaves, y más de 19 kilómetros en zonas de muy alto peligro.

En el caso de los campos petroleros, de los 607 campos analizados, 33 tienen parte de su superficie en peligro alto y muy alto de deslaves, sumando en total poco más de 4700 hectáreas, equivalente al 0.5% del total nacional. Destacan por su extensión los campos Agua Fría, con más de 980 hectáreas (14% del total de su superficie), y los campos Humapa, Malva, Muspac y Miahuapán, con más de 400 hectáreas en peligro. Por su tipo, los campos mesozoicos de aceite tienen el 18% de superficie en alto y muy alto peligro (830 hectáreas) y los campos sin tipificación definida el 82% (3900 hectáreas).

Tabla 4. Ductos con peligro alto y muy alto de deslizamientos de ladera

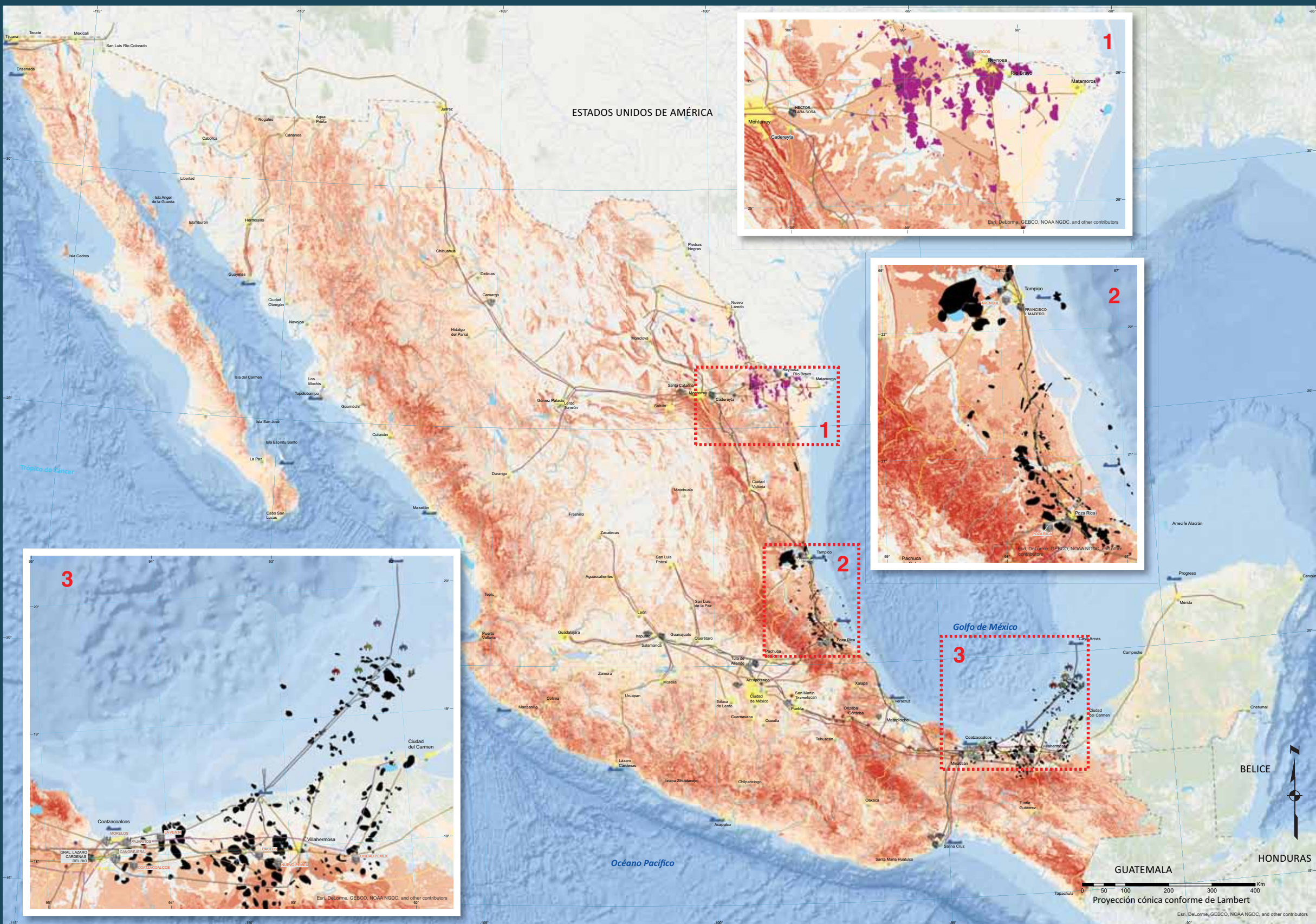
Tipo	Ductos	Kilómetros		
		Total	Alto	Muy Alto
		Km	Km	Km
Poliducto	Poliducto 14" Cab. Poza Rica-Ref. Tula	235	12	6
Oleoducto	OLEO 24"-14"-16" Poza Rica-Ref. Salamanca	439	12	6
Poliducto	Poliducto 18"-14" Cab. Poza Rica-Azcapotzalco	241	12	6
Gasoducto	LPG 24"-20"-14" Cactus-Guadalajara	1225	2	0
Gasoducto	G.N. 24" Reynosa-Chihuahua	948	1	1
Oleoducto	OLEO 30"-20"-24"-20" Nuevo Teapa-Tula-Salamanca	860	1	0
Gasoducto	G.N. 24"-36"-30"-36" CD. PEMEX-Guadalajara L. 1	1278	1	0
Poliducto	Poliducto 12"-20"-16" Minatitlán-México	589	1	0
Oleoducto	OLEO 24" Nuevo Teapa-Venta de Carpio-Tula	643	1	0
Gasoducto	G.N. 24" Valtierra-Lázaro Cárdenas	438	1	0
Poliducto	Poliducto 16" Ref. Minatitlán-Ref. Salina Cruz	248	1	0
Oleoducto	OLEO 48" Nuevo Teapa-Salina Cruz	265	1	0
Poliducto	Poliducto 14" Tar. Satélite (MTY)-Tar. Gómez Palacio	318	0	0
Oleoducto	OLEO 30" Nuevo Teapa - Salina Cruz	266	1	0

Tabla 5. Campos con peligro alto y muy alto de deslizamientos de ladera

Tipo	Campos	Superficie		
		Total	Alto	Muy Alto
		ha	ha	ha
	Agua Fría	7 239	852	129
	Humapa	6 054	863	116
	Malva	4 513	587	123
Mesozoicos de aceite	Muspac	1 966	335	93
	Miahuapán	3 092	338	63
Mesozoicos de aceite	Catedral	887	228	121
	Escobal	1 610	149	15
	Coyol	484	124	29
	Santiago	289	72	21
	Castillo de Teayo	257	67	21
	Miquetla	1 951	68	3
	Higueras	132	41	13
Mesozoicos de aceite	Gaucha	958	46	3
	Sabaneta	205	23	16
	Jiliapa	1 682	31	3
	Marqués	83	29	2
	Pacífico	160	23	3
	Mina	196	20	4
	Metlatoyucan	887	16	1
	Chicontepec	151	16	0
	Mesa	85	15	0

Infraestructura estratégica de PEMEX

Zonas con peligro por deslaves de laderas



Infraestructura estratégica

- Complejo petroquímico
- Complejo procesador de gas
- Refinería

Centrales de almacenamiento

- Almacenamiento estratégico
- Almacenamiento y bombeo
- Batería de separación

Estaciones

- Bombeo
- Compresión
- Medición
- Recolección
- Regulación y medición

Plantas

- Compresión
- Deshidratadora

Plataformas

- Endulzamiento
- Enlace
- Perforación
- Producción
- Bombeo

Terminales

- De almacenamiento y reparto
- De distribución de gas licuado
- Terminal marítima

Campos

- Gas
- Petróleo

Otras instalaciones

- Centro de venta

Ductos

- Gasoducto
- Oleoducto
- Poliducto

Otros

- Zonas urbanas
- Vías de comunicación
- Cuerpos de agua
- Ríos
- Limite internacional
- Limite estatal

Grado de peligro

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo



Infraestructura estratégica nacional

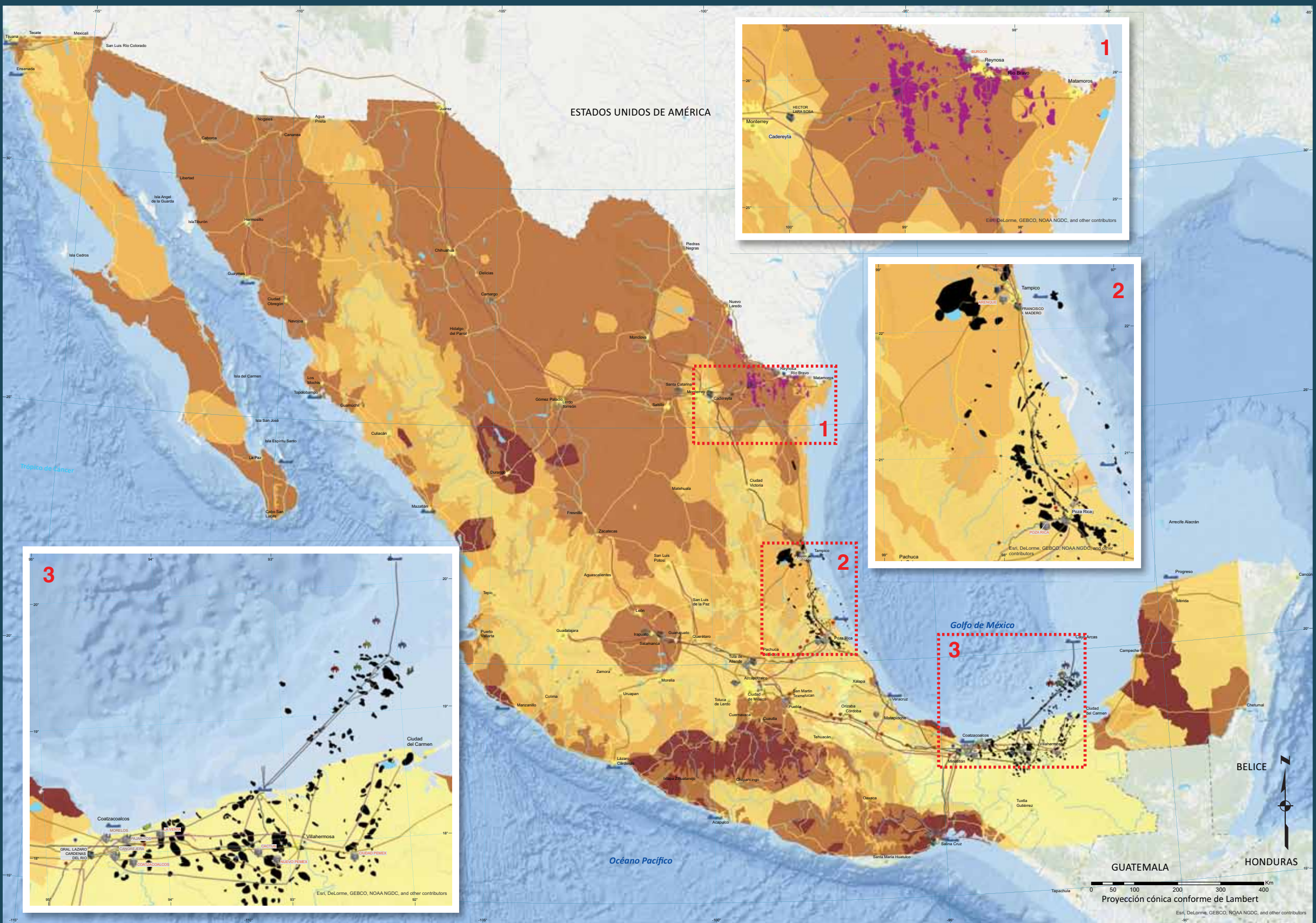
Peligro de las instalaciones petroleras estratégicas por sequías.

La sequía afecta prácticamente todo el territorio nacional y se presenta con cierta regularidad. Se identifica que las zonas con mayores peligros a sequías, modelado con un periodo de retorno de tres años, se ubican hacia el norte del país, así como en parte de Guanajuato, Morelos, Guerrero, Oaxaca y Campeche. A nivel nacional, los resultados señalan que más del 45% del territorio mexicano tiene peligro alto o muy alto a sequías. Considerando un peligro de sequías con periodo de retorno de tres años, se tiene que 22% de la infraestructura petrolera se encuentra expuesta a un grado alto y muy alto de sequías. Destacan por su grado de exposición las refinerías de Salamanca y Salina Cruz, las terminales de almacenamiento y reparto de Azcapotzalco, Salina Cruz e Irapuato, y el complejo procesador de gas Reynosa. La demás infraestructura estratégica no se considera relevante para ser analizada en términos de sequías.

Tabla 6. Instalaciones con peligro alto y muy alto de sequía				
Tipo de instalación	Nombre	Superficie		
		Total	Alto	Muy Alto
		ha	ha	ha
Refinería	Ing. Antonio M. Amor (Salamanca)	407	407	0
Terminal de almacenamiento y reparto	Irapuato	75	75	0
Terminal de almacenamiento y reparto	Azcapotzalco	62	62	0
Complejo procesador de gas	Reynosa	55	55	0
Terminal de almacenamiento y reparto	Salina Cruz	9	0	9
Planta deshidratadora	Culebra Norte	4	4	0
Refinería	Ing. Antonio Dovalí Jaime (Salina Cruz)	776	0	773

Infraestructura estratégica de PEMEX

Zonas con peligro por sequías



Infraestructura estratégica	
	Complejo petroquímico
	Complejo procesador de gas
	Refinería
Centrales de almacenamiento	
	Almacenamiento estratégico
	Almacenamiento y bombeo
	Batería de separación
Estaciones	
	Bombeo
	Compresión
	Medición
	Recolección
	Regulación y medición
Plataformas	
	Endulzamiento
	Enlace
	Perforación
	Producción
	Bombeo
Terminales	
	De almacenamiento y reparto
	De distribución de gas licuado
	Terminal marítima
Campos	
	Gas
	Petróleo
Otras instalaciones	
	Centro de venta
Ductos	
	Gasoducto
	Oleoducto
	Poliducto
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
	Limite internacional
	Limite estatal
Grado de peligro	
Periodo de retorno de 3 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo



Infraestructura estratégica nacional

Peligro de las instalaciones petroleras estratégicas por erosión costera.

Para el análisis del retroceso de la línea de costa, se utilizó la información sobre diferenciación geomorfológica de las costas de México generada por el Instituto de Geografía de la UNAM, donde se menciona que los procesos de avance o retroceso de la línea de costa están sujetos, en mayor o menor medida, a las fluctuaciones (ascensos principalmente) del nivel medio del mar, y a los procesos de dinámica costera, hidrometeorológicos y de construcción de obras y realización de actividades antrópicas. Los resultados nacionales de estos análisis muestran importantes zonas de retroceso de la línea de costa en la llanura costera del Golfo de México, Golfo de California, Península de Yucatán y Nayarit. En total se identificaron 58 municipios que en toda su zona costera, o en buena parte de ella, presentan este tipo de problemática.

Al considerar la importancia de analizar este fenómeno en relación con la existencia de instalaciones petroleras estratégicas clasificadas como “AAA”, se identificaron las instalaciones que se localizan dentro de un rango de 500 metros a partir de la línea de costa, y que además se encuentran en zonas de peligro por retroceso de litoral. Como resultado se pueden identificar 17 instalaciones estratégicas que se encuentran en peligro por el retroceso de línea de costa, ubicadas en los estados de Tabasco, Veracruz, Campeche, Yucatán y Baja California. En los dos primeros destaca la cantidad de instalaciones petroleras existentes. Las instalaciones que sobresalen por su importancia estratégica son la terminal marítima de Dos Bocas en Tabasco y la de Veracruz, en Veracruz.

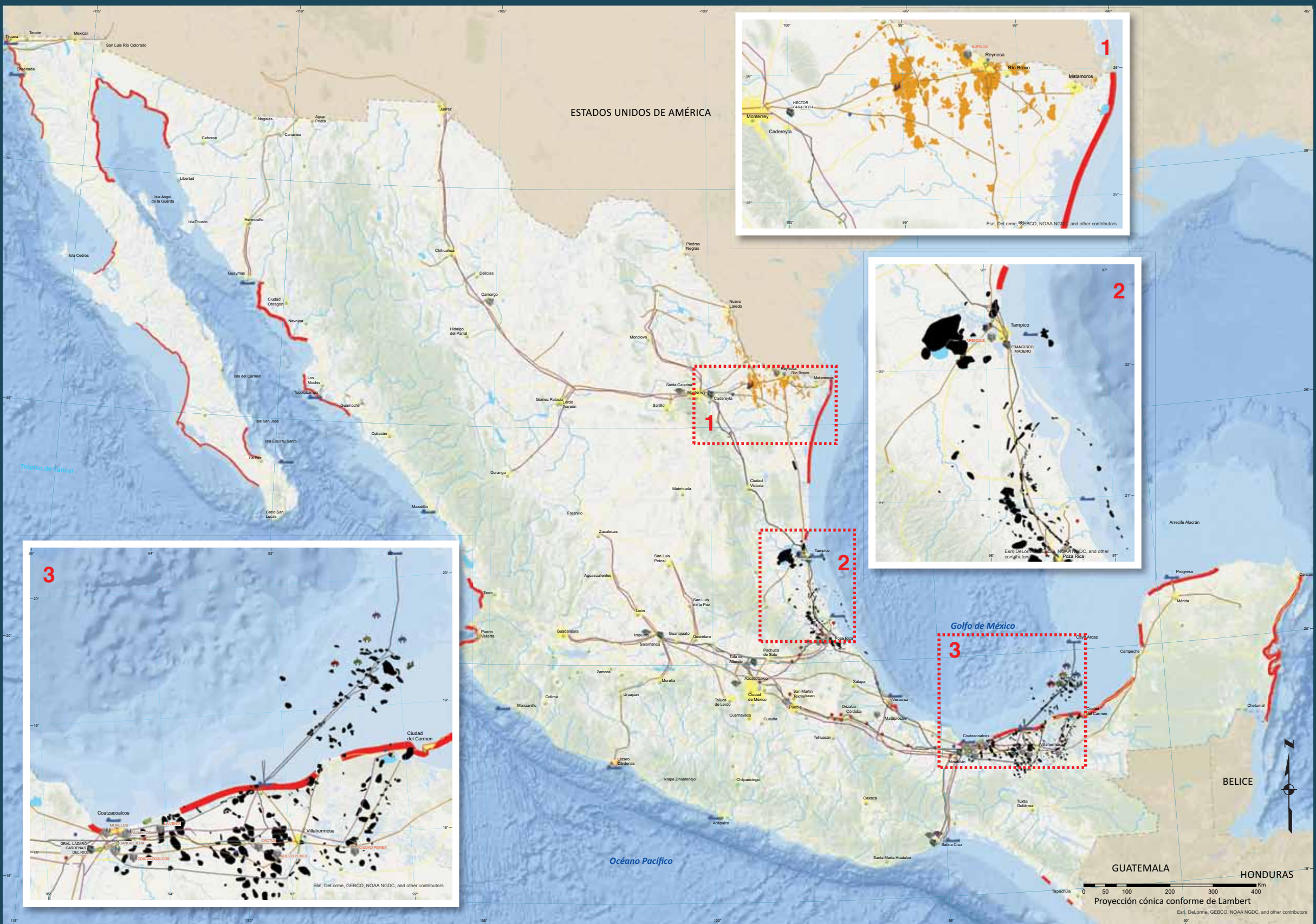
Algunas de las consecuencias de este fenómeno son el aumento en la velocidad de los procesos erosivos; una mayor ocurrencia de inundaciones; el incremento en la problemática de salinización de tierras, de aguas superficiales y del manto freático por intrusión salina; la modificación en la distribución espacial de los ecosistemas asociados y la alteración de la vocación del suelo. Todo ello con efectos directos sobre la economía local y regional, que en ocasiones influyen en los procesos de migración de la población, y de las obras y actividades existentes en las zonas afectadas.

Tabla 7. Infraestructura en zonas con peligro por retroceso de la línea de costa

Estado	Instalación	Tipo
Baja California	Ensenada	Central de almacenamiento
	Rosarito	Central de almacenamiento
	Rosarito	Terminal marítima
	Rosarito	Terminal de distribución de gas
Tabasco	Luna	Campo petrolero (de aceite)
	Puerto Ceiba	Campo petrolero (de aceite)
	Ostra	Campo petrolero (de aceite)
	Cráter	Campo petrolero (de aceite)
	Tajón	Campo petrolero (de aceite)
	Dos Bocas	Terminal marítima
	Línea	Gasoducto
Veracruz	Veracruz	Terminal marítima
	Dos bocas	Oleoducto
	Nuevo Teapa-Cadereyta	Oleoducto
	Línea	Gasoducto
Campeche	POM Norte	Campo petrolero (de gas)
		Procesador de Gas
Yucatán	Progreso	Terminal marítima

Infraestructura estratégica de PEMEX

Zonas con peligro por erosión costera



Infraestructura estratégica

- Complejo petroquímico
- Complejo procesador de gas
- Refinería

Centrales de almacenamiento

- Almacenamiento estratégico
- Almacenamiento y bombeo
- Batería de separación

Estaciones

- Bombeo
- Compresión
- Medición
- Recolección
- Regulación y medición

Plantas

- Compresión
- Deshidratadora

Plataformas

- Endulzamiento
- Enlace
- Perforación
- Producción
- Bombeo

Terminales

- De almacenamiento y reparto
- De distribución de gas licuado
- Terminal marítima

Campos

- Gas
- Petróleo

Otras instalaciones

- Centro de venta

Ductos

- Gasoducto
- Oleoducto
- Poliducto

Otros

- Zonas urbanas
- Vías de comunicación
- Cuerpos de agua
- Ríos
- Limite internacional
- Limite estatal

Dinámica geomorfológica

- Retroceso de línea de costa



Escala Regional

PEMEX Exploración y Producción (PEP)

Campos petroleros y ductos

PEMEX Exploración y Producción realiza la exploración y aprovechamiento de las reservas de petróleo crudo y gas natural, así como el transporte de los mismos, su almacenamiento en terminales y la comercialización de primera mano. Estas actividades se llevan a cabo en cuatro regiones geográficas que abarcan la totalidad del territorio nacional: Región Norte, Región Sur (territorio continental), Región Marina Noreste y Región Marina Suroeste (territorio marino). Los principales yacimientos de petróleo y gas natural en México se localizan en la región marina y costera del Golfo de México, los primeros hacia el sur y los segundos hacia el norte de la misma.

Un campo petrolero es un área geográfica en la que un cierto número de pozos de petróleo y gas producen de una misma reserva probada. Un campo puede referirse a un área superficial o a formaciones subterráneas. Un campo sencillo puede tener reservas separadas a diferentes profundidades.

Los ductos son tuberías conectadas, generalmente enterradas, que se emplean para transportar petróleo crudo, gas natural y productos petrolíferos y petroquímicos. Utilizan como fuerza motriz elementos mecánicos, aire a presión, vacío y gravedad, su diámetro varía entre 2 y 48 pulgadas según su uso y clase de terreno que atraviesen. Los ductos son el medio de transporte que ofrece máxima economía de operación y máxima vida útil.

Existen tres tipos de ductos:

- Gasoductos: Ducto usado para el transporte de gas.
- Oleoductos: Ducto usado para el transporte de crudo.
- Poliductos: Ducto usado para el transporte de productos petrolíferos y petroquímicos.

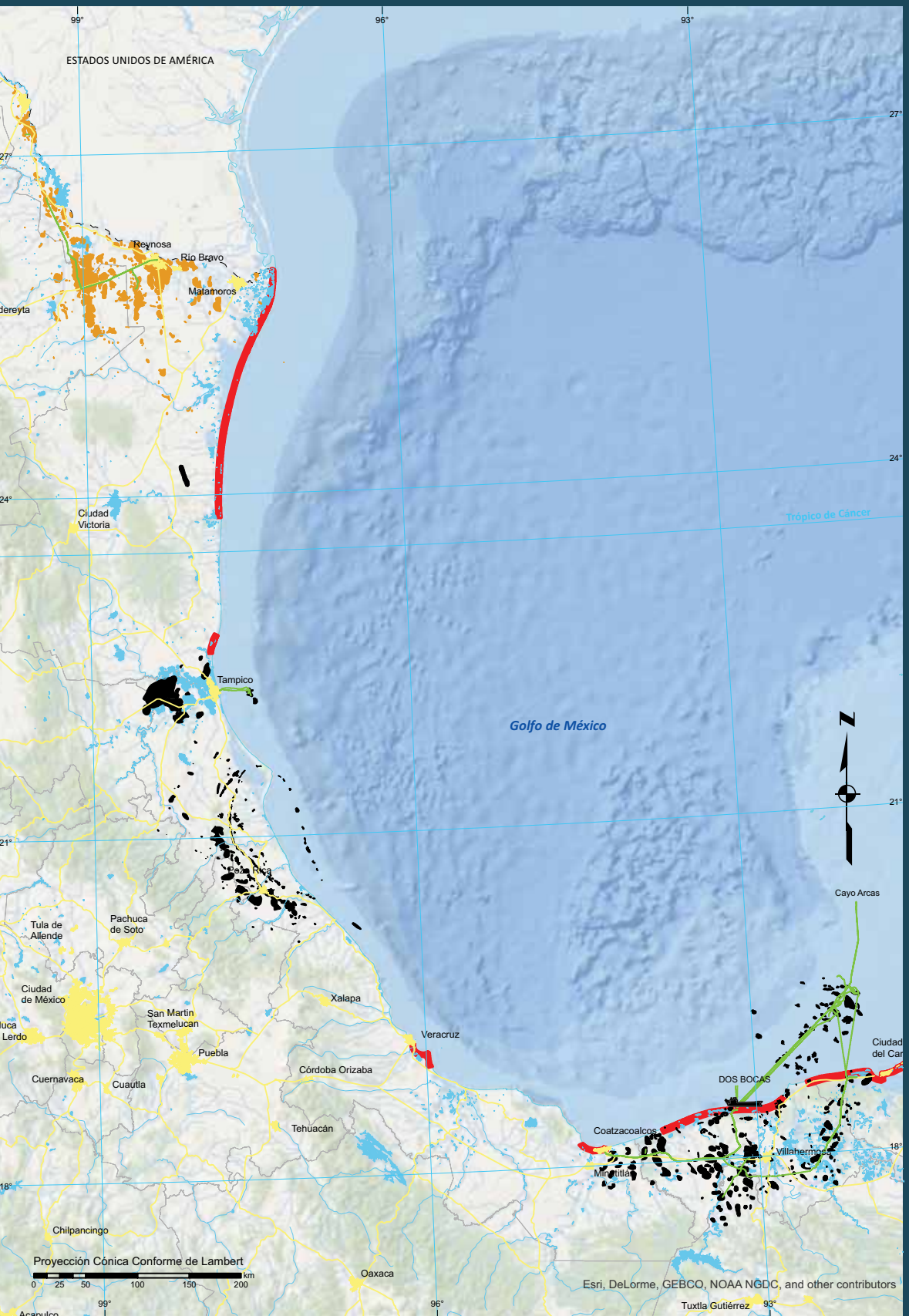
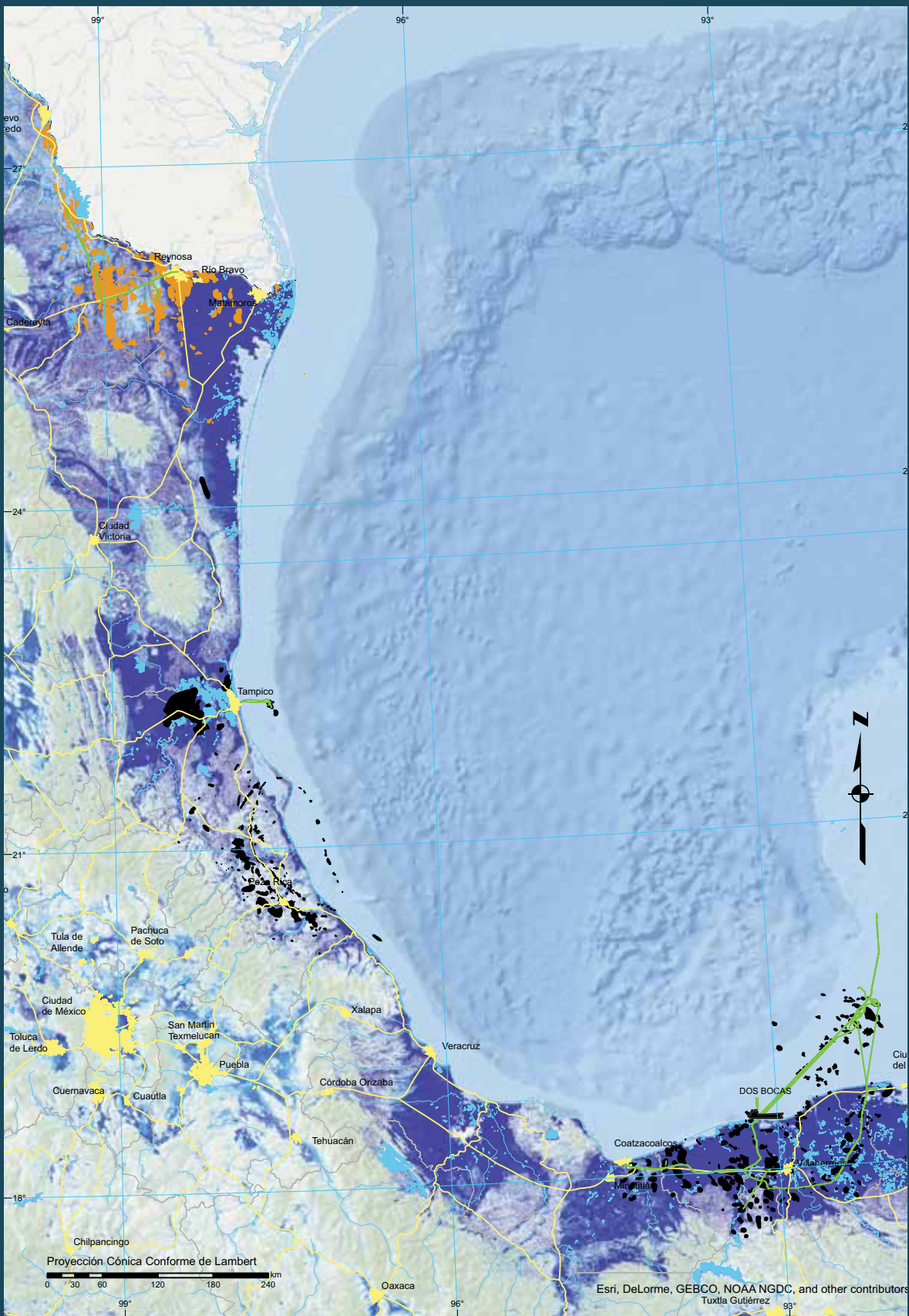
Los ductos están administrados por cuatro Organismos Subsidiarios que son responsables de garantizar su integridad y operación mediante la aplicación de programas de mantenimiento que incluyen desde la inspección hasta la revalidación de condiciones de diseño.¹

¹ Atlas Institucional de Riesgo en Ductos 2005. PEMEX Exploración y Producción, PEMEX Refinación, PEMEX Gas y Petroquímica, PEMEX Petroquímica, Unidad Corporativa de Sistemas de Información Geográfica. Diciembre de 2005.

Tabla 8. Exploración y Producción	2012
Producción	
Crudo (Mbd)	2 548
Gas natural (MMpcd)	6 385
Instalaciones (al cierre del año)	
Campos en producción	449
Pozos en explotación promedio	9 439
Plataformas marinas	232
Ductos km	
Oleoductos	4 992
Gasoductos	8 295
Reservas probadas al 1 de enero de 2013 MMbpce	
Crudo	10 073
Líquido del gas	1 351
Gas seco	2 444

Fuente: Anuario estadístico PEMEX 2013

En general los campos de petróleo y gas de PEMEX Exploración y Producción se ubican en zonas de peligro alto y muy alto por inundación. De manera similar, los campos de gas del noreste del país se encuentran esencialmente en zonas de peligro muy alto por sequía, por lo que deben considerarse estos aspectos en la operación petrolera, sobre todo en el caso del *shale gas*, que requiere cantidades importantes de agua para su extracción. A manera de ejemplo, cabe citar las inundaciones de varios campos petroleros causadas por el huracán Karl en la costa de Tabasco en septiembre de 2010, que afectó el acceso y la operación de dichos pozos.



Infraestructura estratégica	
	Ducto
Terminales	
	Terminal marítima
Campo	
	Gas
	Petrolero
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
	Límite estatal
Peligro de inundación	
Periodo de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo
Dinámica geomorfológica	
	Retroceso de la costa



Escala Local

Terminal Marítima de Dos Bocas

Paraíso, Tabasco.

Descripción

Las obras de construcción del puerto de Dos Bocas comenzaron en 1979 e inició operaciones en 1982 para uso exclusivo de PEMEX, siendo una instalación portuaria medular en la actividad petrolera del sureste del país.

El Puerto de Dos Bocas se localiza en el municipio de Paraíso, Tabasco. Destaca por su ubicación geográfica estratégica, ya que posee ventajas comparativas y competitivas por su cercanía con las principales zonas de exploración y producción de hidrocarburos en el Golfo de México, donde están localizados los principales campos y yacimientos de aguas profundas y someras. Además tiene gran conectividad con los principales centros de consumo a través de los ejes carreteros y el aeropuerto internacional de la ciudad de Villahermosa. Anualmente, Dos Bocas recibe un promedio de 6000 embarcaciones de diversos tipos, con un movimiento de más de 8 millones de toneladas de carga.

Contexto ambiental

Predomina la agricultura de temporal, intercalada con zonas de pastizal cultivado, necesario para el desarrollo de la ganadería extensiva, lo que ha ido reduciendo la presencia de vegetación natural. En las cercanías de la terminal se ubican importantes cuerpos de agua, donde se desarrollan manglares, tulares y popales.

Se ubica en una zona lacustre con una altitud promedio de 2 msnm, clima cálido húmedo y bajo una importante influencia de huracanes y nortes. Cuenta con un relieve plano de tierras arenosas en la costa, lo que ocasiona un drenaje deficiente y la explotación de bancos de arena para la construcción. En la zona operan dos campos: el Puerto Ceiba Mesozoico y el Puerto Ceiba Terciario.

Dos Bocas se ubica al noroeste de la laguna de Mecoacán, donde existe vegetación hidrófila, como manglar, además de una amplia diversidad de aves acuáticas como garzas, gaviotas y pelícanos. Asimismo, al suroeste del puerto existen varias lagunas costeras y cuerpos de agua, donde destaca la laguna de Las Flores

Población

El área de influencia de Dos Bocas se extiende a estados de Campeche, Chiapas y Sur de Veracruz, y alberga una población aproximada de 10 millones de habitantes. En esta área se desarrollan actividades industriales, petroleras, agropecuarias y forestales, que demandan una gran capacidad de transporte. El municipio de Paraíso tiene una población aproximada de 86 mil habitantes.

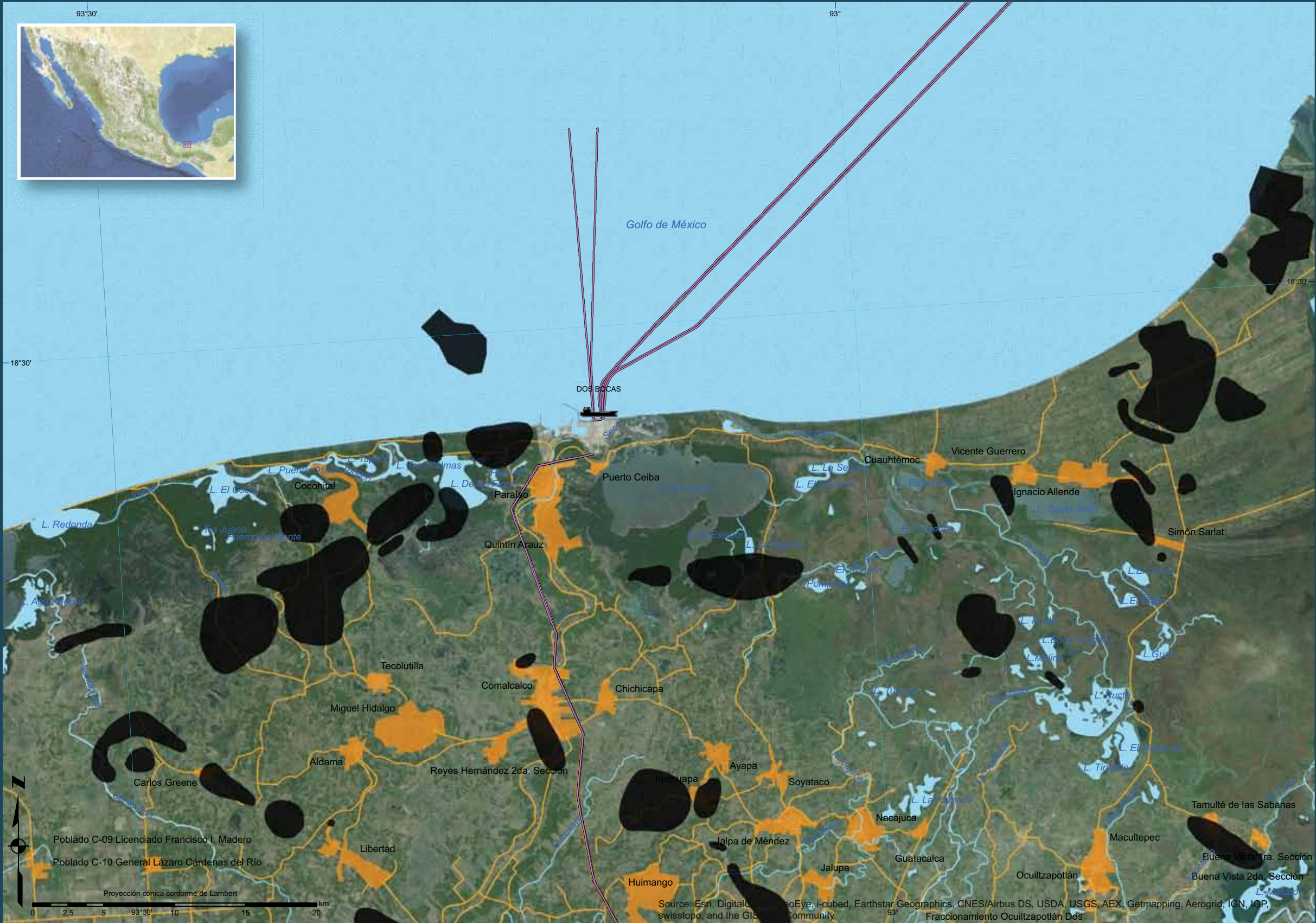
Análisis de peligro

El relieve predominantemente plano, sumado a la baja permeabilidad del suelo, importantes precipitaciones y ocurrencia de avenidas de agua provenientes de las partes altas, hacen de esta zona un área del alto peligro por la ocurrencia de inundaciones. La terminal marítima, está situada entre cuerpos de agua, lo cual ocasiona que en época de lluvias se desborden afectando su operación.

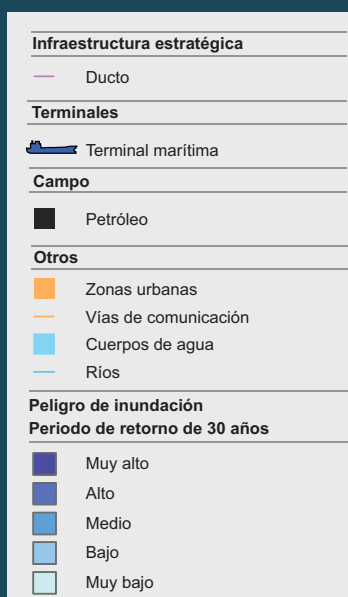
Respecto a la erosión costera, esta zona se encuentra sujeta a un retroceso muy importante de la línea de costa, lo cual tiene severos efectos sobre diversas instalaciones estratégicas petroleras, entre ellas la Terminal Marítima de Dos Bocas y los campos de explotación petrolera de Tupilco, así como las localidad de Sánchez Magallanes y Playa El Limón. Esta situación ha obligado a la construcción de importantes obras de protección contra erosión costera, donde destaca el caso de las obras construidas por la propia terminal.

El esperado incremento en la intensidad de los fenómenos que influyen en la ocurrencia de inundaciones y procesos de erosión de línea de costa, demandan un mayor análisis y el diseño e instrumentación de estrategias y medidas específicas de adaptación, que permitan reducir la vulnerabilidad de dichas instalaciones e incrementar su resiliencia en caso de ocurrir algún desastre.

Ubicación

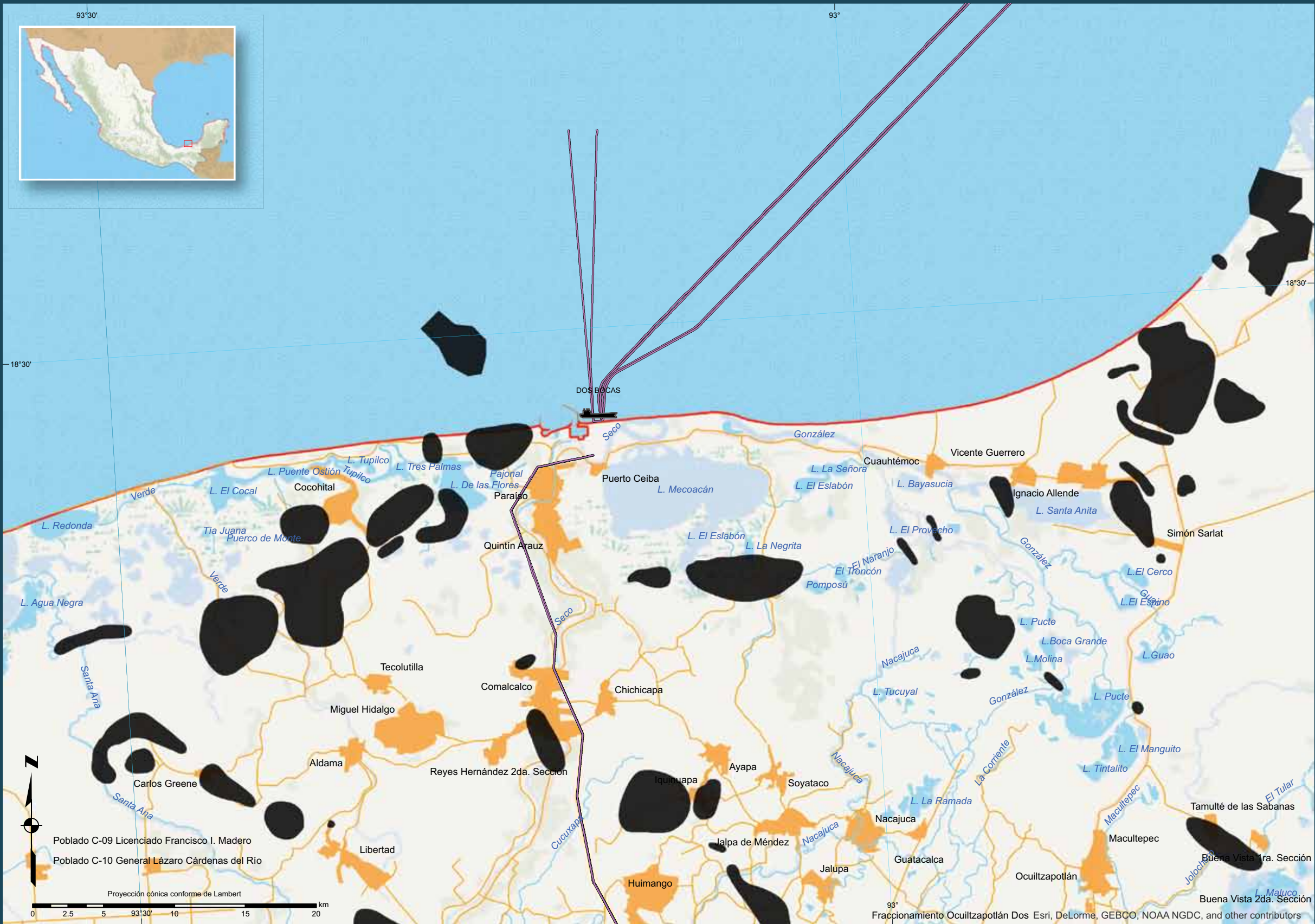


Infraestructura estratégica	
	Ducto
Terminales	
	Terminal marítima
Campo	
	Petróleo
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Peligro de inundación	



Infraestructura estratégica de PEMEX • Terminal Marítima de Dos Bocas

Erosión Costera



Infraestructura estratégica	
—	Ducto
Terminales	
—	Terminal marítima
Campo	
 	Petrolero
Otros	
 	Zonas urbanas
—	Vías de comunicación
 	Cuerpos de agua
—	Ríos
Dinámica geomorfológica	
—	Retroceso de la costa

Fraccionamiento Ocuilzapotlán Dos Esri, DeLorme, GEBCO, NOAA NGDC, and other contributors



Escala Regional

PEMEX Refinación (PREF)

Refinerías y ductos

PEMEX Refinación realiza los procesos industriales de refinación de petróleo crudo, elaboración de productos petrolíferos y derivados, su distribución, almacenamiento y venta de primera mano. Tiene también a su cargo, la planeación, administración y control de la red comercial, así como la suscripción de contratos con inversionistas privados para el establecimiento y operación de las estaciones de servicio que atienden, bajo el esquema de franquicia, el mercado al menudeo de combustibles automotrices.

Una refinería es un complejo donde el petróleo crudo se somete a procesos de destilación o separación física y a procesos químicos que permiten obtener más de 2 mil productos. Los productos que se sacan del proceso de refinación se llaman derivados y existen dos tipos: los combustibles, como la gasolina, el diesel, la turbosina, etc., y los petroquímicos, tales como polietileno y benceno, entre otros.

En una refinería se llevan a cabo diversos procesos en diferentes instalaciones, tales como plantas de destilación atmosférica, de estabilización de nafta, de destilados intermedios, de destilación al vacío, de coque y de desintegración catalítica, entre otras.

PEMEX tiene hoy día una capacidad de procesamiento de crudo de más de un millón 200 mil barriles por día, proceso que realiza en seis refinerías ubicadas en los municipios de Cadereyta, Nuevo León; Ciudad Madero, Tamaulipas; Minatitlán, Veracruz; Salamanca, Guanajuato; Salina Cruz, Oaxaca y Tula, Hidalgo.

Las refinerías son instalaciones clasificadas como “AAA”, la mayoría de ellas se ubican en zonas de muy alto peligro por inundaciones considerando un periodo de retorno de 30 años. Las refinerías sujetas a mayor peligro son la de Salina Cruz y la de Minatitlán. Una característica común entre ellas es que se ubican en llanuras costeras y aledañas a alguna corriente de agua.

En lo que respecta al peligro por sequía, se considera que la refinería de Salina Cruz es la más expuesta a este tipo de peligro, y contradictoriamente, también a inundación, como se mencionó anteriormente. Es importante considerar estas problemáticas para priorizar el diseño de las medidas de adaptación correspondientes, en este caso garantizar el suministro del agua y a la vez evitar o minimizar la probabilidad de la ocurrencia de inundaciones.

Tabla 9. PEMEX Refinación

2012

Proceso de crudo y líquidos	1 199 Mbd
Elaboración de petrolíferos	1 226 Mbd
Ventas internas de petrolíferos	1 555 Mbd

Instalaciones

Capacidad de destilación atmosférica	1 690 Mbd
Refinerías	6
Terminales de almacenamiento y reparto	77
Estaciones de servicio	10 042 Mbd

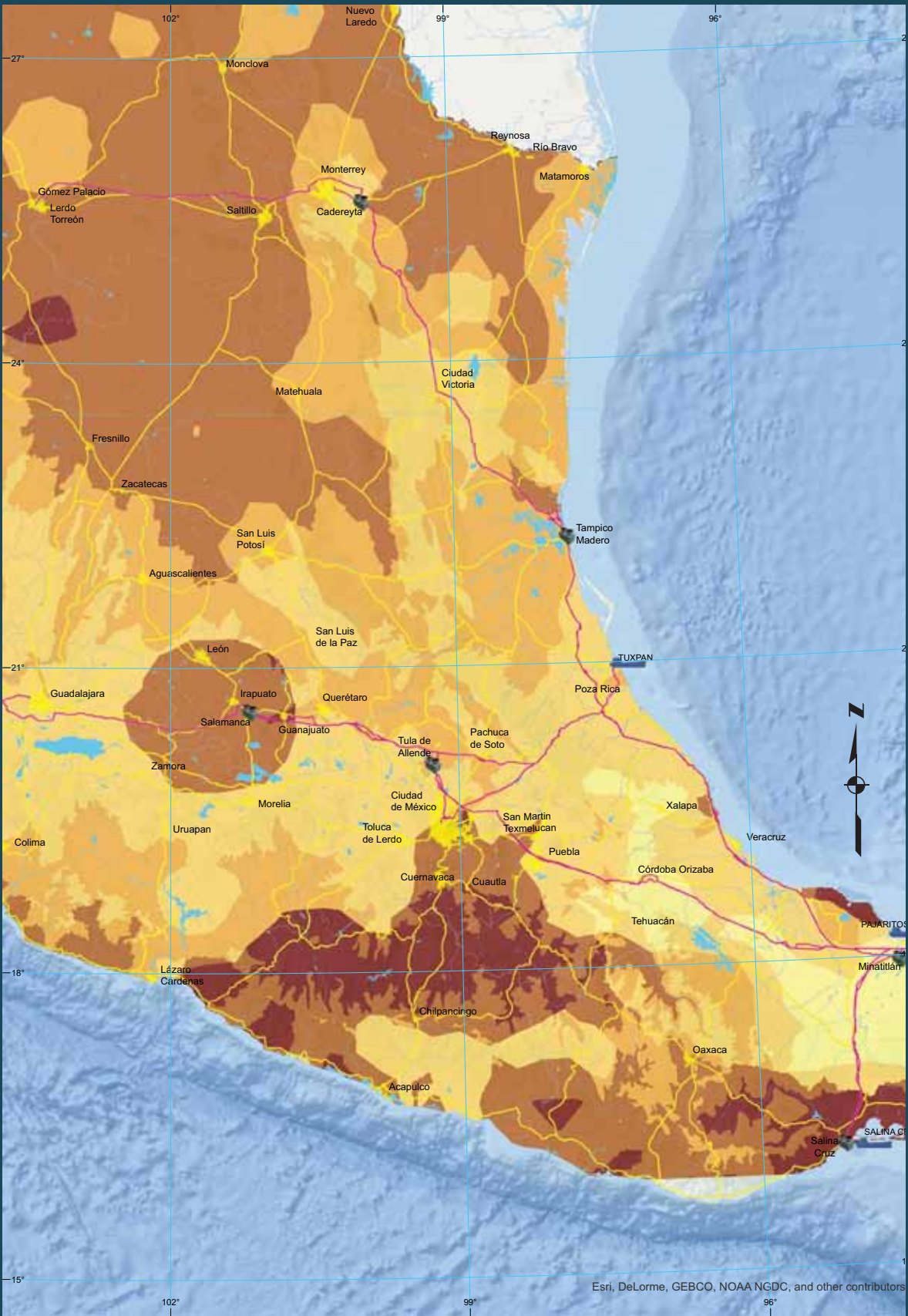
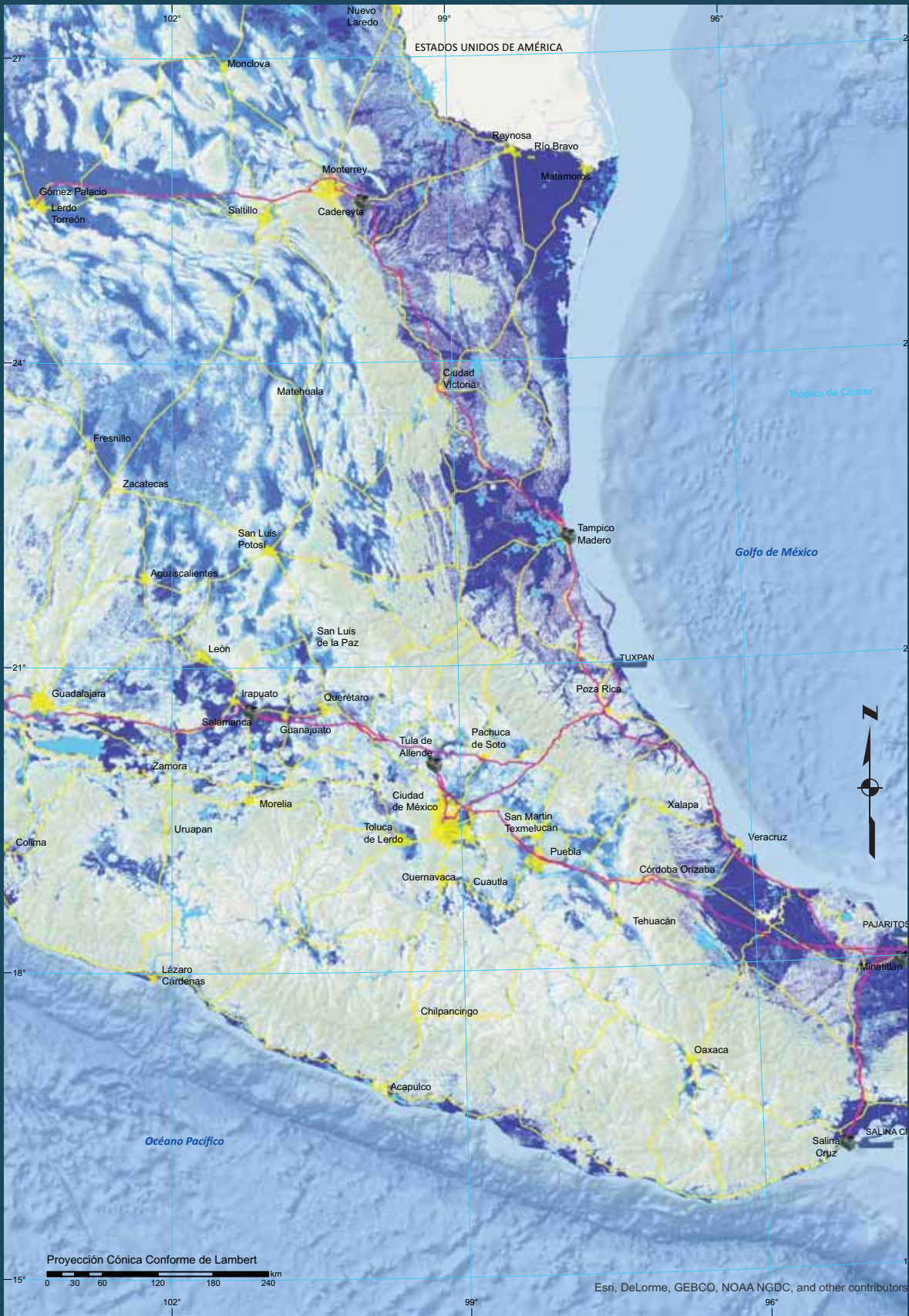
Ductos

Crudo	5 223 km
Productos	8 918 km

Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinación

Zonas con peligro por inundaciones pluviales

Zonas con peligro por sequía



Infraestructura estratégica	
	Refinería
	Ducto
Terminales	
	Terminal marítima
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
	Límite estatal
Peligro de inundación	
Periodo de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo
Grado de peligro	
Periodo de retorno de 3 años	
	Muy Alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo



Escala Local

Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime

Salina Cruz, Oaxaca.

Descripción

Inició operaciones en abril de 1979, ocupa una superficie de 600 hectáreas, se localiza a cinco kilómetros al noreste de la ciudad y puerto de Salina Cruz, y de la costa del Océano Pacífico. La refinería ha registrado un constante crecimiento que la ubica como la más grande del sistema petrolero de refinación en el contexto nacional, con capacidad para procesar 260 000 barriles de crudo por día.² Es punto de embarque de crudo para exportación y abasto de combustibles, principalmente para los estados que colindan con el Océano Pacífico. Actualmente existe un proyecto de conversión de residuales con lo cual se ampliaría su capacidad.

Cuenta con una capacidad de 14 millones de barriles en 125 tanques, de los cuales 20 almacenan materias primas, tales como crudo Istmo, Maya y sus mezclas y metanol; 39 para productos intermedios como gasolina primaria, *slop*, base Nova, querosina primaria, turbosina primaria, diesel primario, aceite cíclico ligero, gasóleos, residuos catalíticos, aceite recuperado y 66 para productos finales: butano-butileno, propileno, gas LPG, gasolina PEMEX Magna, turbosina, tractomex, diesel desulfurado, PEMEX Diesel, combustóleo, TAME y MTBE.³

Contexto ambiental

En los alrededores de la refinería se ubican humedales, incluidos manglares, que han sido afectados en diferente grado por actividades agrícolas, ganaderas y de desarrollo urbano, así como por la construcción de la misma refinería, lo que genera además impacto en los recursos de aire, suelo y agua. La refinería se encuentra seccionada por un canal denominado El Zanjón, el cual en eventos de lluvia extrema desborda e inunda dichas instalaciones.

Población

El municipio de Salina Cruz tiene una población aproximada de 82 mil habitantes, la mayoría concentrada en la ciudad con el mismo nombre.

Análisis de peligro

La refinería se encuentra en zona de alto y muy alto peligro por inundación pluvial, principalmente por el desbordamiento del canal El Zanjón que drena las aguas que escurren de las zonas más altas, conduciéndolas hacia la zona marina. En caso de marea alta o cierre de la barra, se dificulta el drenado del agua hacia el mar, contribuyendo a la inundación de la refinería.

La pérdida de costa es un fenómeno que no afecta a las instalaciones de la refinería. Sin embargo, el oleaje de mar de fondo y las mareas de tormenta han presentado afectaciones a las instalaciones de la Terminal Marítima de Salina Cruz. El mantener e incrementar la zona de manglares podría ayudar a reducir los procesos erosivos e impactos negativos generados por fenómenos locales y ciclones tropicales.

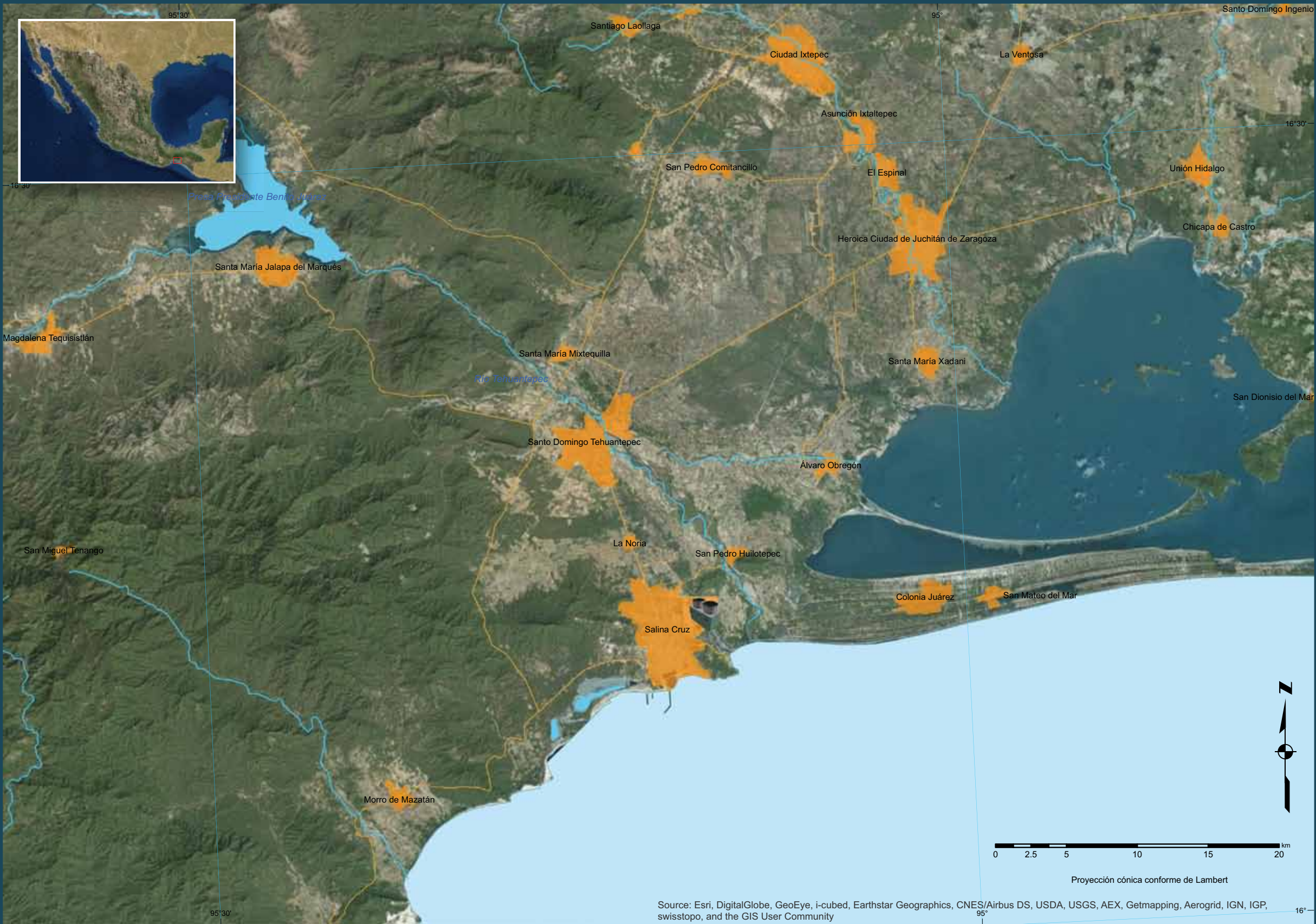
La refinería se encuentra en muy alto peligro por sequías, donde se incluye a todo el municipio de Salina Cruz. La competencia por el agua entre los diversos usuarios (agricultura, urbano, industria), ha obligado a la refinería a instrumentar alternativas de abasto para sus procesos, tales como la desalación y el tratamiento de aguas residuales. De acuerdo a las tendencias de cambio climático, se prevé que las inundaciones incrementen su intensidad y las sequías sean más severas, por lo que es importante tomar medidas de adaptación para reducir potenciales daños.

² Anuario Estadístico PEMEX 2013, p38.

³ <http://www.ref.pemex.com/octanaje/22salina.htm> consultado en julio de 2014.

Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime

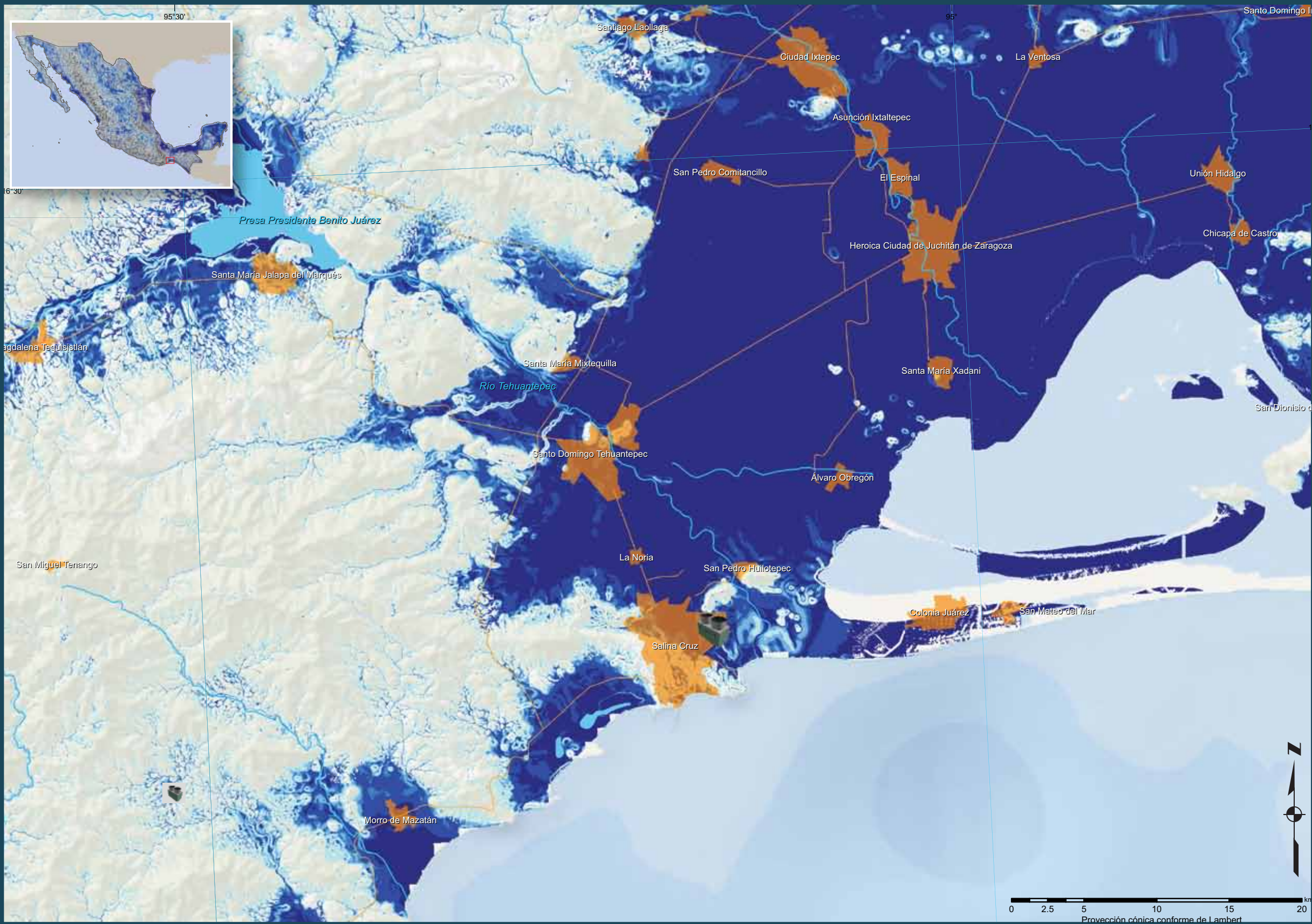
Ubicación



Infraestructura estratégica	
	Refinería
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos

Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime

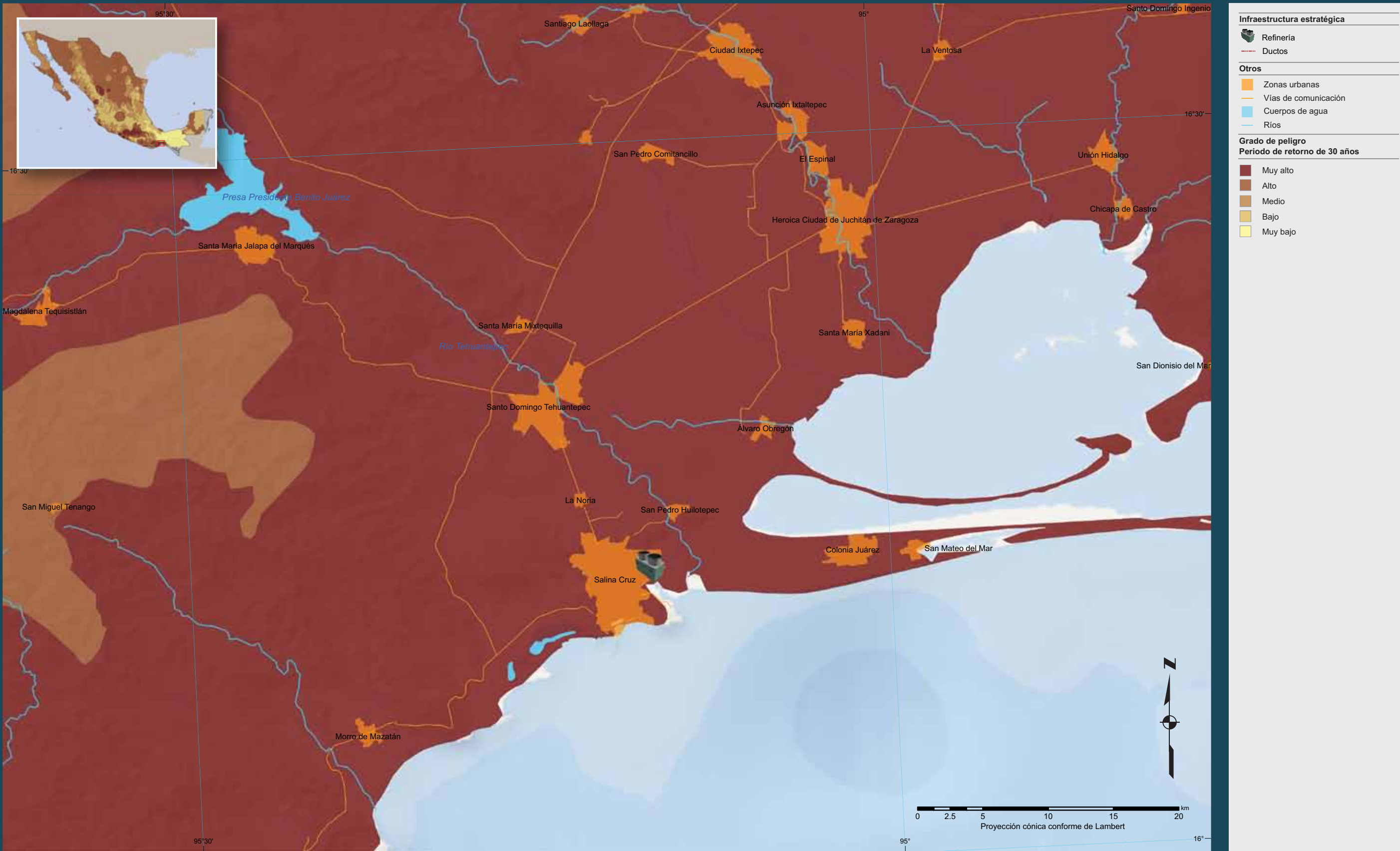
Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Infraestructura estratégica	
	Refinería
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Grado de peligro	
Periodo de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo

Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime

Zonas con peligro por sequía





Refinería Ing. Antonio M. Amor

Salamanca, Guanajuato.

Descripción

Esta refinería es la única productora de lubricantes, parafinas y alcohol isopropílico. Actualmente se encuentra conformada por 53 plantas de proceso, las cuales elaboran 42 productos terminados. Inició operaciones en 1950 y ha tenido varias etapas de crecimiento: 1955, 1962, 1970-74, 1979 y 1992-96.⁴ La refinería cuenta actualmente con una capacidad de refinación de 175 000 barriles de crudo por día.⁵

Contexto ambiental

Se ubica en la parte noreste de la ciudad de Salamanca, colinda con zonas agrícolas y urbanas. La gran demanda de agua para abasto urbano, industrial y agrícola ha generado la sobreexplotación de mantos acuíferos, hundimientos del suelo y daños en la infraestructura, donde se incluye la refinería. Existen severos problemas de calidad del aire debido principalmente a las emisiones generadas por la termoeléctrica y la misma refinería. El desalojo de las aguas servidas es a través del río Lerma, que se ubica a una distancia muy corta de sus instalaciones.

Población

Aproximadamente 260 000 habitantes en el municipio.

Análisis de peligro

De acuerdo al peligro a inundaciones analizado con un periodo de retorno de lluvias extremas de 30 años, las instalaciones de la refinería se encuentran en una zona con peligro muy alto. El derrame de algún producto o explosión podría causar serios daños a la población y actividades productivas colindantes.

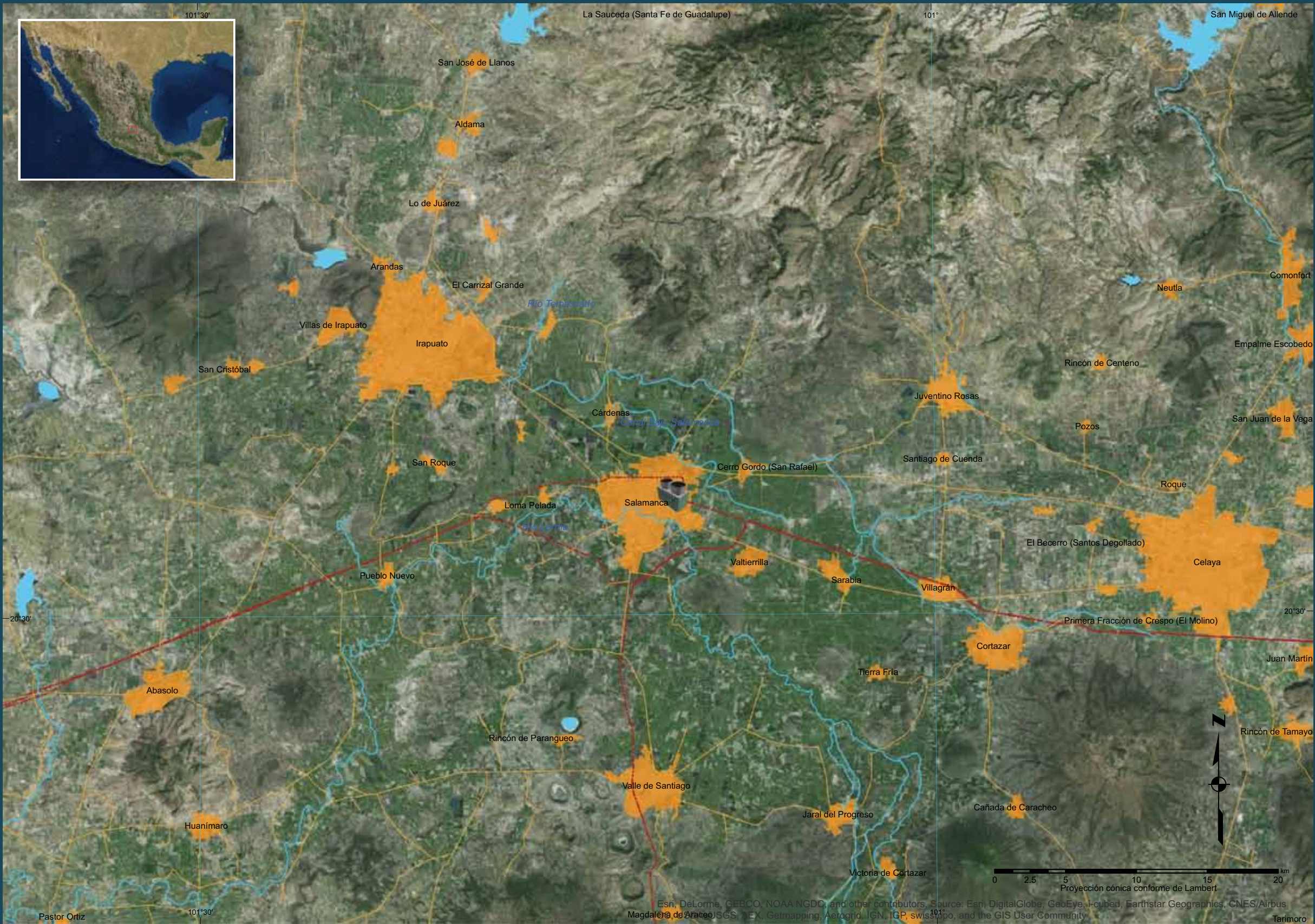
De igual forma, la refinería se encuentra en una zona de alto peligro por sequías, lo que requiere la instrumentación de alternativas como el reúso de agua, debido a la alta competencia y demanda del recurso.

⁴ <http://www.ref.pemex.com/octanaje/20sala.htm> consultado en julio de 2014.

⁵ Anuario Estadístico PEMEX 2013, p38.

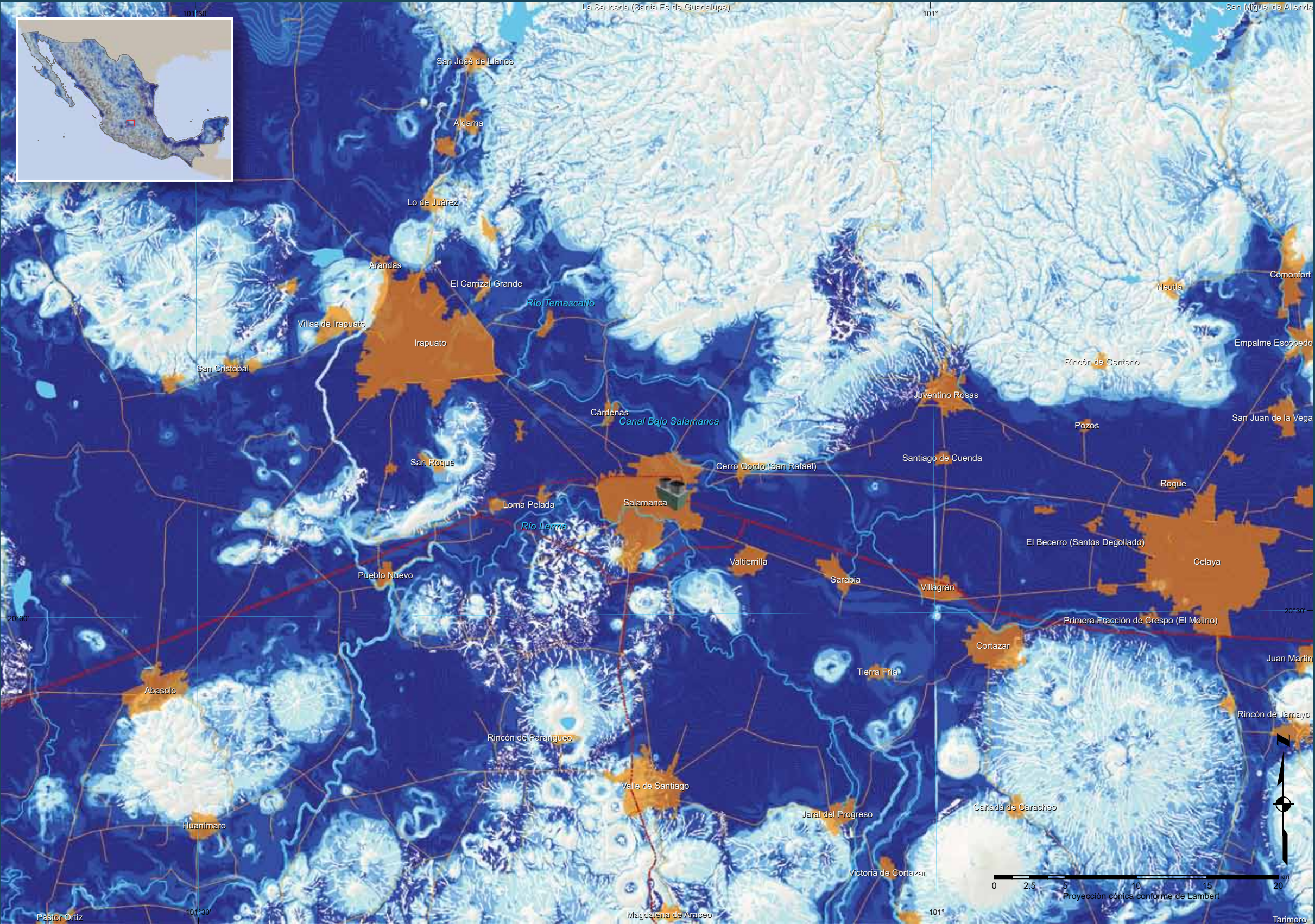
Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Ing. Antonio M. Amor

Ubicación



Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Ing. Antonio M. Amor

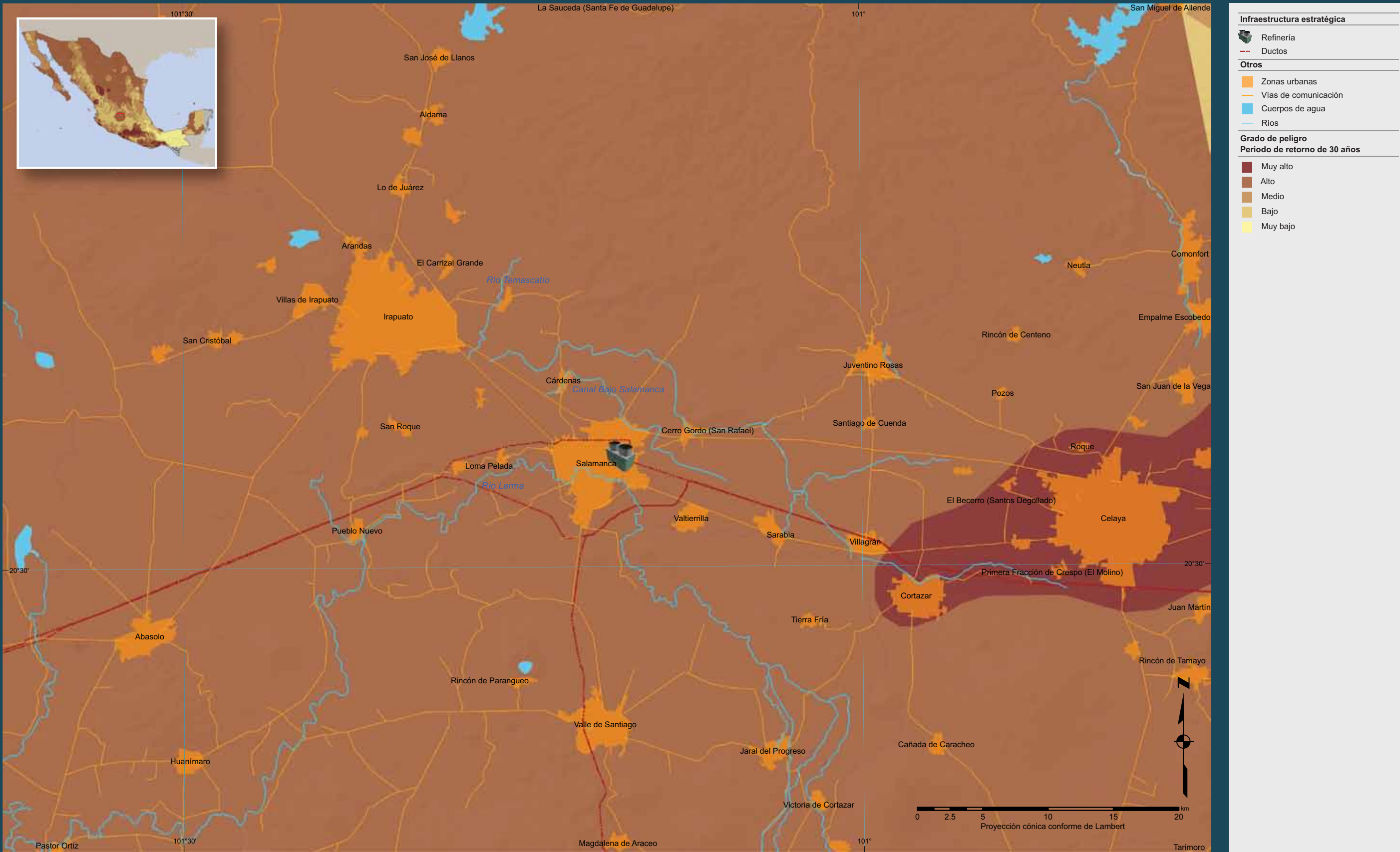
Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Infraestructura estratégica	
	Refinería
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Grado de peligro	
Periodo de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo

Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Ing. Antonio M. Amor

Zonas con peligro por sequía





Refinería Gral. Lázaro Cárdenas del Río

Minatitlán, Veracruz.

Descripción

La refinería comenzó operaciones en 1906, siendo la primera refinería de Latinoamérica. Tiene una extensión de 800 hectáreas y cuenta con 27 plantas industriales donde se procesan 186 000 barriles de petróleo crudo diarios⁶ y 30 000 barriles de líquidos de Mezcla de Butanos. Esta refinería abastece de combustible al mercado del sureste (sur de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo) y parte de la demanda de Puebla y el Distrito Federal. Elabora un total de diez productos diferentes, ocho de ellos energéticos que son utilizados como combustible y petroquímicos básicos, así como materia prima para la elaboración de numerosos materiales sintéticos.⁷

Contexto ambiental

Se ubica al sureste de la ciudad de Minatitlán, en la periferia de la zona urbana, colindante con zonas de pastizales y muy próxima a las riberas del río Coatzacoalcos. El agua que requiere para su operación se obtiene de mantos acuíferos y de cuerpos de agua superficiales. Existen importantes niveles de contaminación tanto en el recurso de agua, como en el aire y suelo, ya que es la región que concentra la mayor cantidad de instalaciones petroleras del país.

Población

Aproximadamente 160 000 habitantes en el municipio.

Análisis de peligro

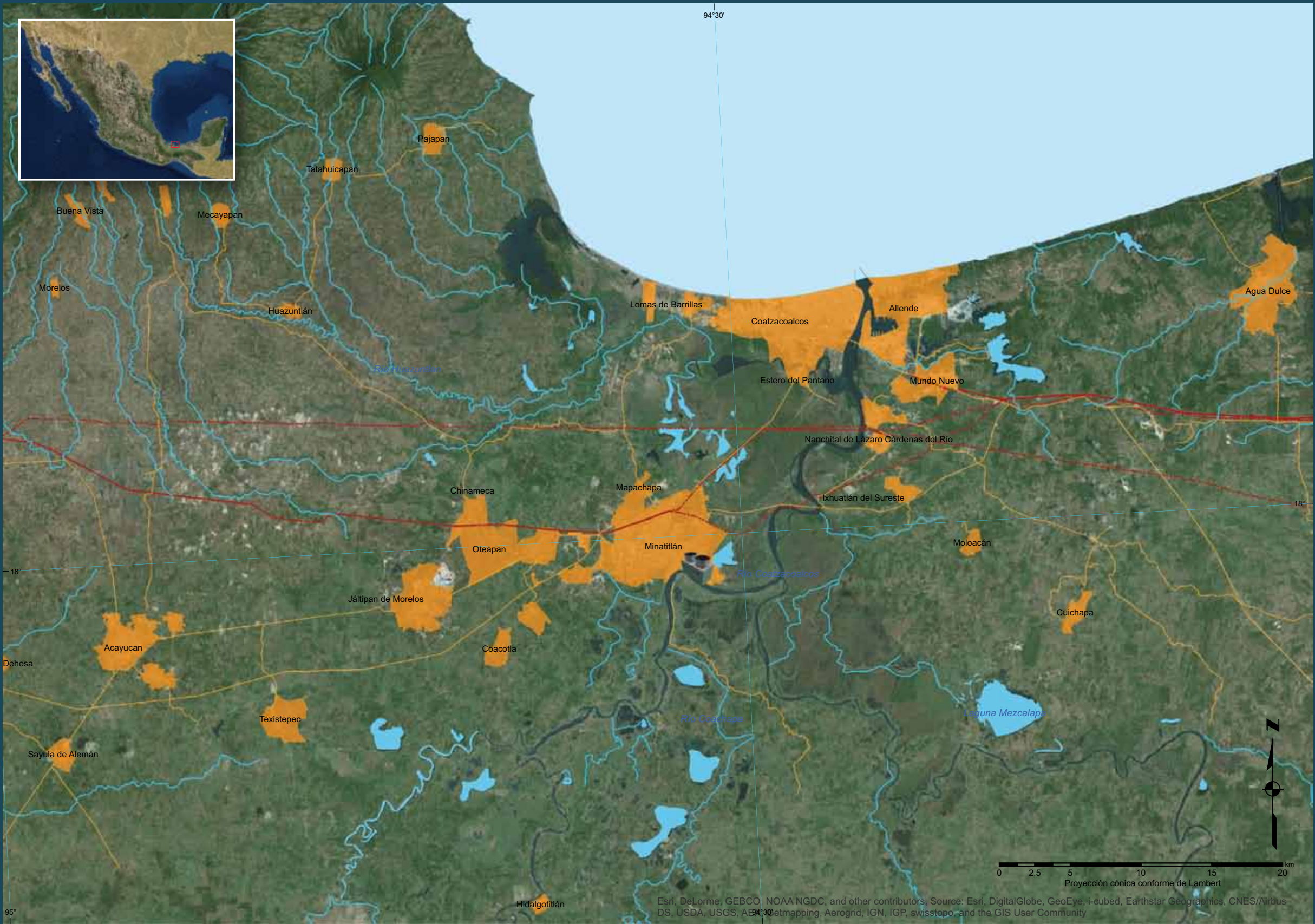
Con base en el modelo de peligro a inundaciones con un periodo de retorno de 30 años, las instalaciones de la refinería se encuentran en zona de peligro muy alto por inundaciones, debido a las importantes precipitaciones en temporada de lluvias, tanto en la zona como hacia la parte serrana, al desbordamiento frecuente del río Coatzacoalcos y a que los suelos se encuentran saturados y con baja capacidad de infiltración.

6 Anuario Estadístico PEMEX 2013, p38.

7 <http://www.ref.pemex.com/octanaje/23laza.htm> consultado en julio de 2014.

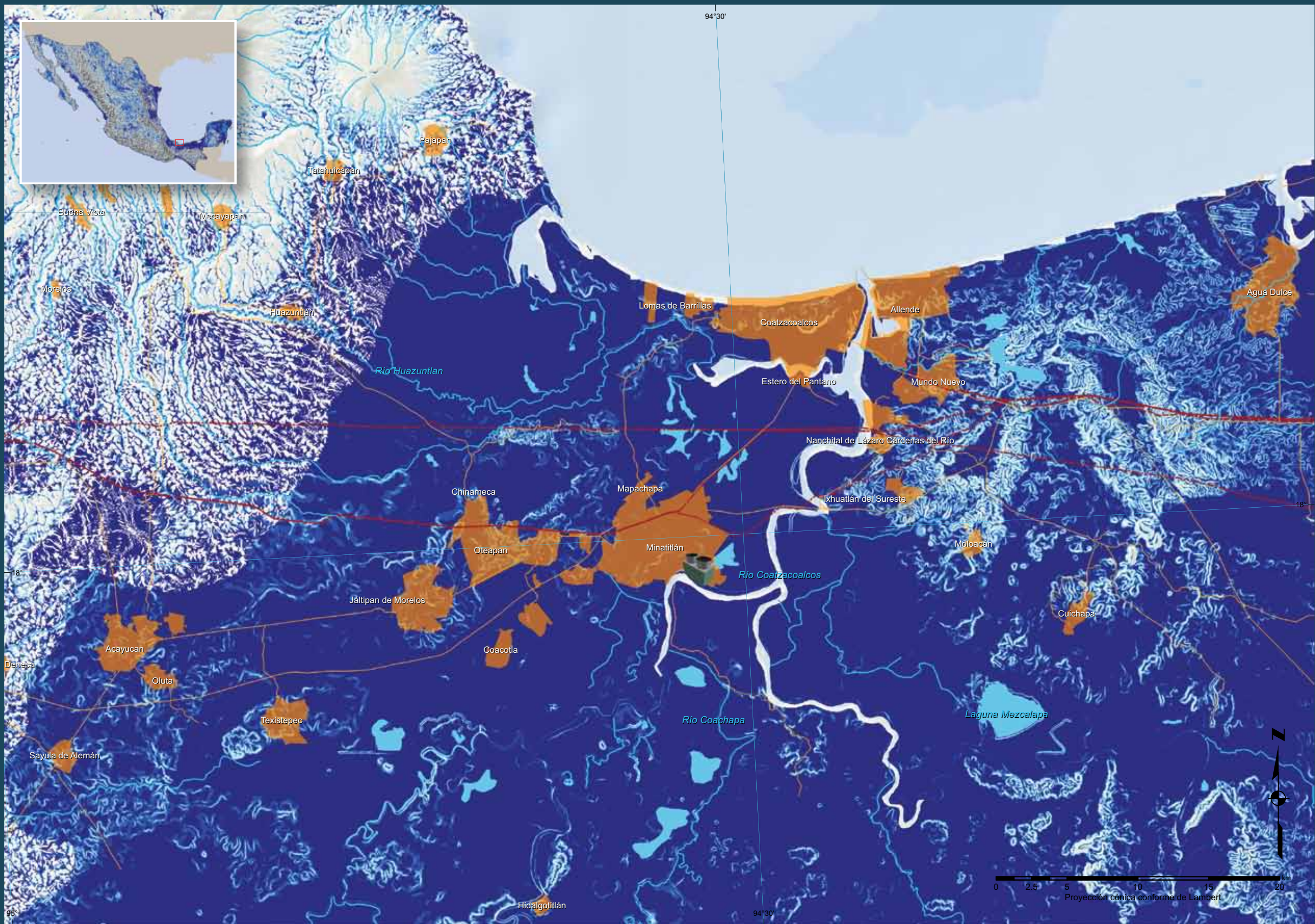
Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Gral. Lázaro Cárdenas del Río

Ubicación



Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Gral. Lázaro Cárdenas del Río

Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Infraestructura estratégica	
	Refinería
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Grado de peligro	
Periodo de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo



Refinería Francisco I. Madero

Ciudad Madero, Tamaulipas.

Descripción

La refinería cuenta actualmente con 20 plantas en operación, donde se llevan a cabo procesos de destilación atmosférica, destilación al vacío, desintegración catalítica, hidrotratamiento y petroquímica. La capacidad nominal de procesamiento de crudo de la refinería es de 130 000 barriles por día.⁸ La refinería cubre la demanda de los estados circunvecinos y en ocasiones exporta de acuerdo a las políticas comerciales de PEMEX. Los productos obtenidos son gas licuado, gasolina Magna y Premium, diesel, gasavión 100, turbosina, diesel desulfurado, diesel marino, combustóleo, coque, asfalto AC-20 y AC-30, y Azufre.⁹

Contexto ambiental

La Refinería se encuentra localizada en la margen izquierda del río Pánuco, casi en su desembocadura al Golfo de México, dentro del municipio de Ciudad Madero, Tamaulipas.

Población

La población total del Municipio Ciudad Madero es de aproximadamente 200 000 personas.

Análisis de peligro

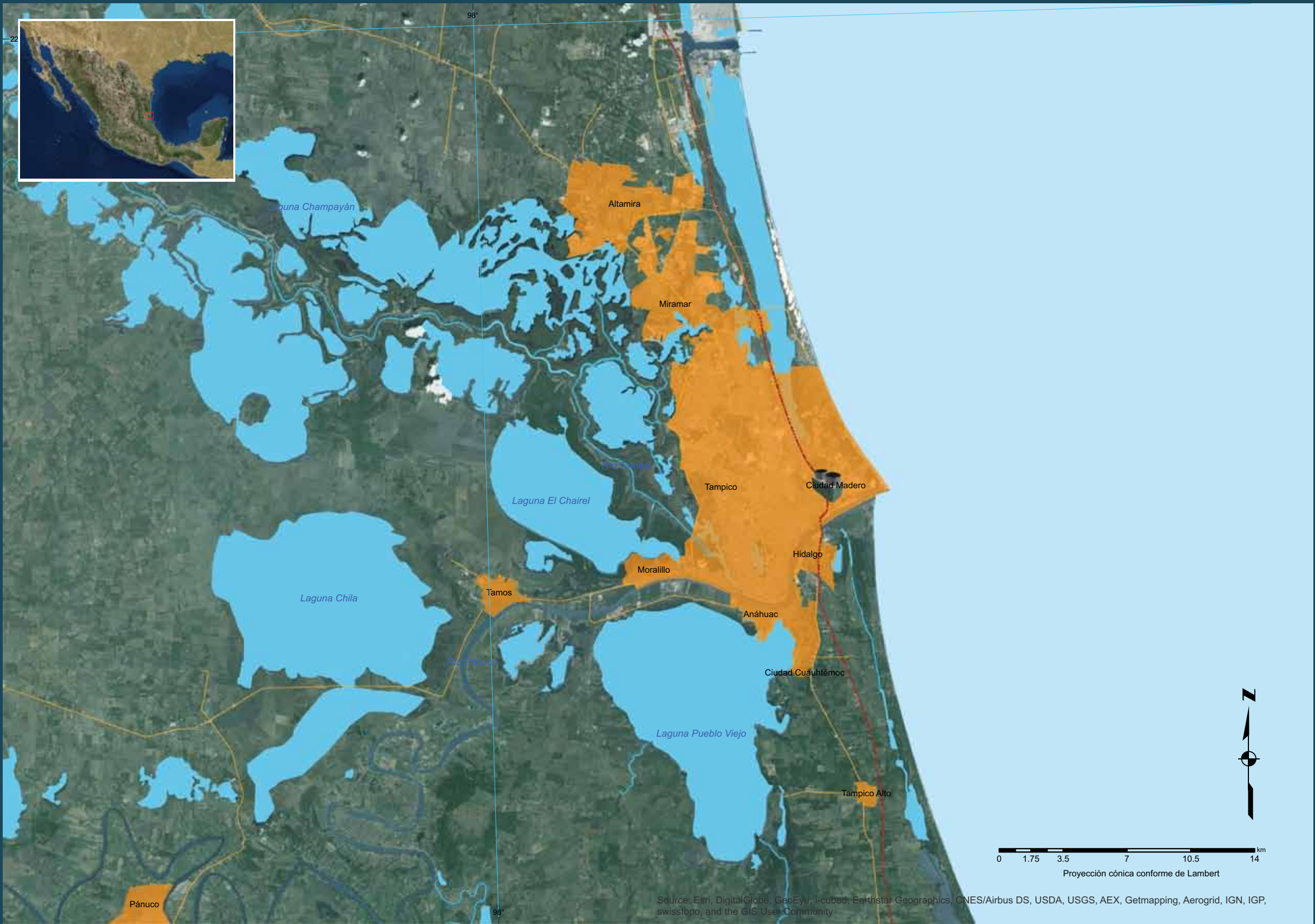
Esta zona es constantemente impactada por nortes, frentes fríos y ciclones tropicales, los cuales generan importantes precipitaciones, que sumadas a la fluctuación del nivel del mar, ocasionan el desbordamiento del río Pánuco y la consecuente afectación de las instalaciones de la refinería.

El gran peligro por inundaciones de la refinería involucra también a la zona urbana, a la población y a los recursos naturales ubicados en la zona. El recurso agua se vería fuertemente impactado en casos de presentación de fuga o derrame de hidrocarburos.

⁸ Anuario Estadístico PEMEX 2013, p38.

⁹ <http://www.ref.pemex.com/octanaje/21ref.htm> consultado en julio de 2014.

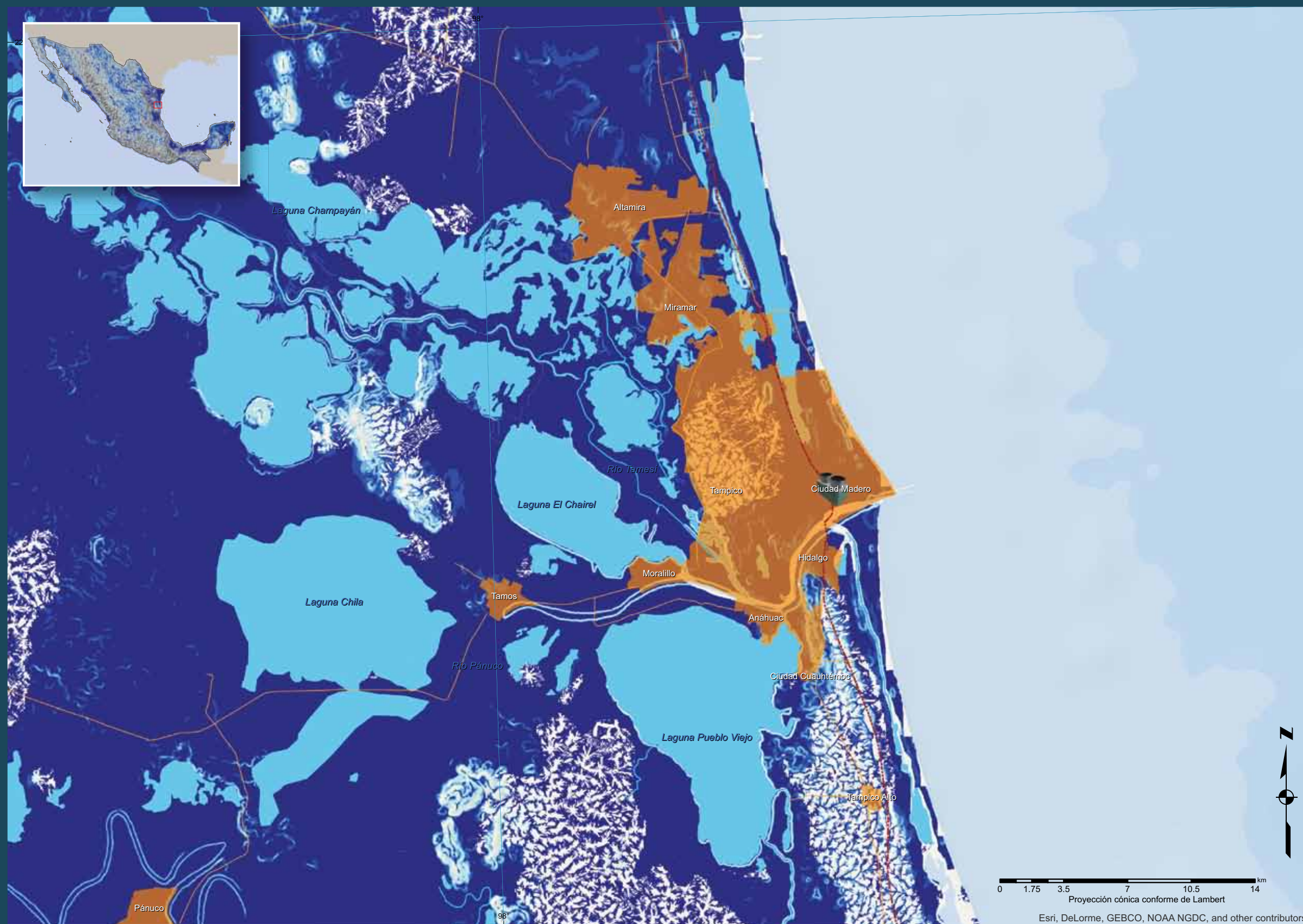
Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Francisco I. Madero
Ubicación



Infraestructura estratégica	
	Refinería
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos

Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Francisco I. Madero

Zonas con peligro por inundaciones pluviales



0 1.75 3.5 7 10.5 14 km

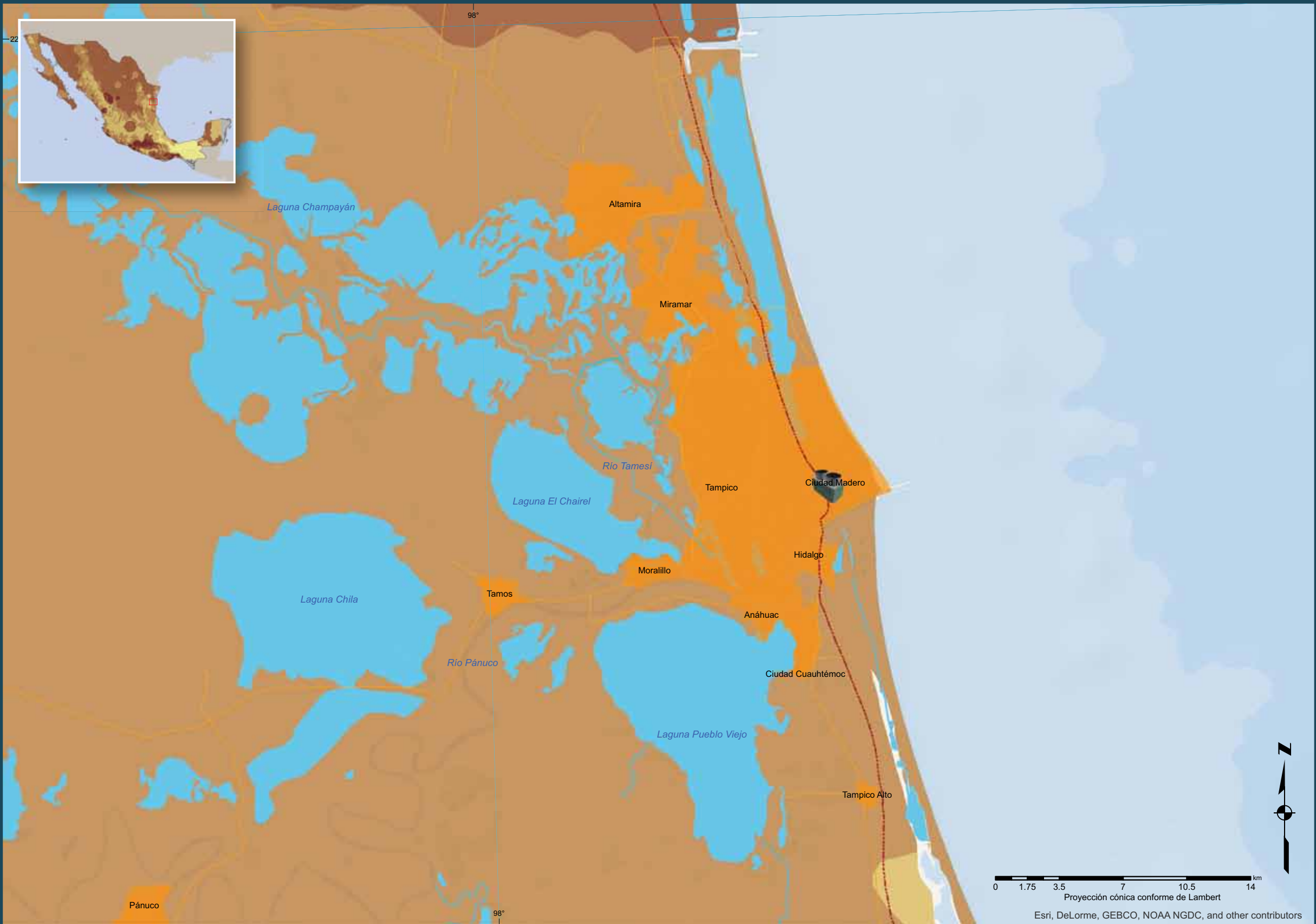
Proyección cónica conforme de Lambert

Esri, DeLorme, GEBCO, NOAA NGDC, and other contributors



Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Francisco I. Madero

Zonas con peligro por sequía





Refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa

Cadereyta, Nuevo León.

Descripción

Se localiza en el municipio de Cadereyta de Jiménez, a 36 km al este de la Ciudad de Monterrey. Sus instalaciones ocupan un área total de 612 hectáreas, atiende la demanda de energéticos de los estados de Nuevo León, Coahuila, Chihuahua y en forma parcial de los estados de Durango, San Luis Potosí y Tamaulipas. La construcción de la primera etapa comenzó en 1975, iniciando operaciones en 1979. Cuenta actualmente con una capacidad de refinación de 193 000 barriles de crudo por día.¹⁰ Los productos que se obtienen son gasolina Magna y Premium, diésel, turbosina, combustóleo, asfaltos, azufre, propileno, gas nafta y gas LP.

Contexto ambiental

La refinería se encuentra localizada en un área donde confluyen diversas corrientes de agua, la más cercana es el río San Juan, que se localiza un kilómetro al este de las instalaciones, y que tiene como afluentes al río Monterrey y al río Santa Catarina. En la zona existen además otras corrientes como el arroyo Ayancual, afluente del río Pesquería. En eventos de lluvias intensas originadas por ciclones tropicales u otro tipo de fenómenos meteorológicos, el río San Juan desborda y afecta la refinería debido a la configuración de este sistema hidrológico.

Población

De acuerdo al INEGI en el 2010 el municipio tiene una población aproximada de 68 000 habitantes. Después del petróleo, las actividades económicas más importantes son la agricultura de temporal, ligeramente superior a la de riego, y la pecuaria, por lo que la presa de La Boca reviste vital importancia en términos de abasto urbano para Cadereyta.

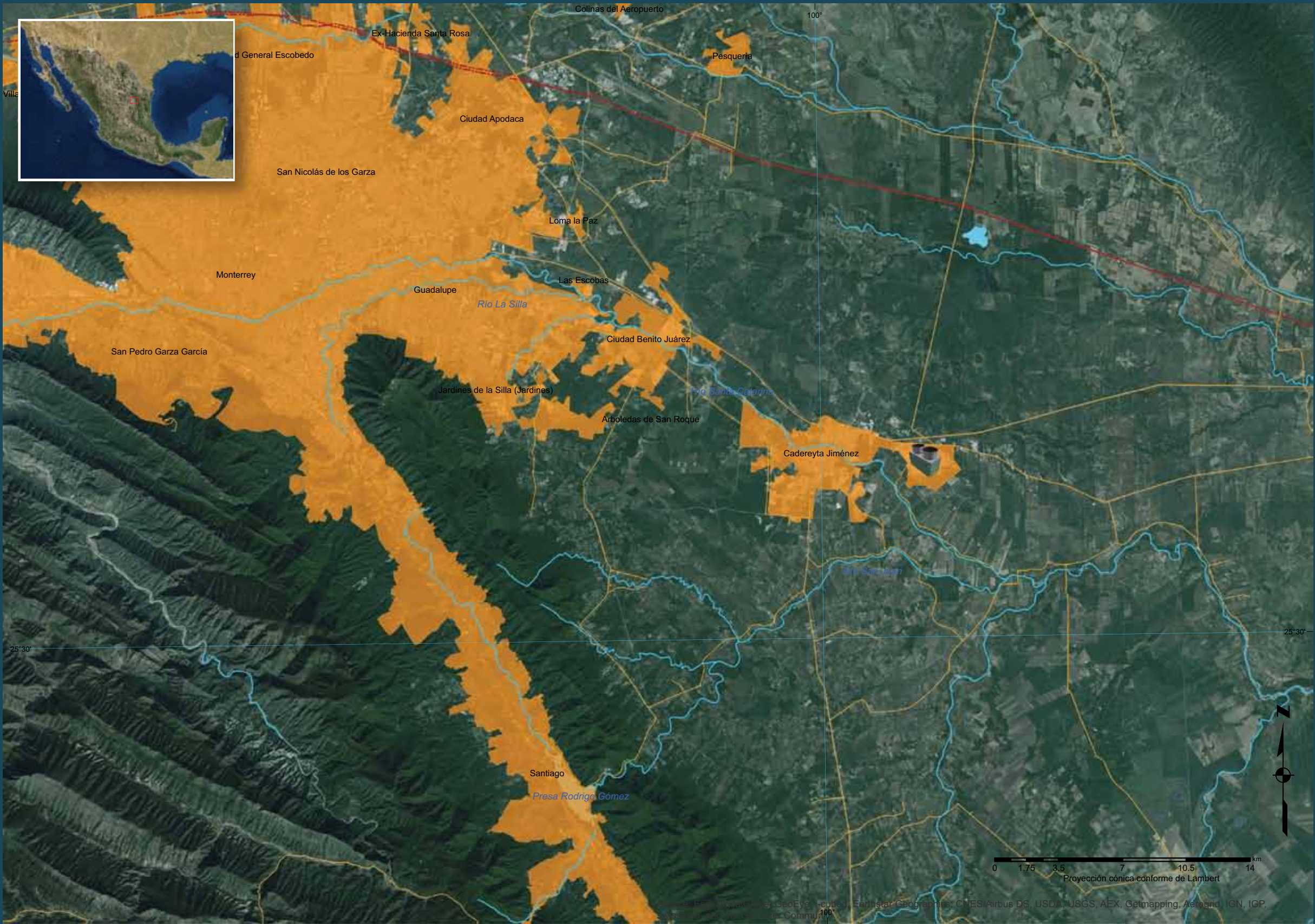
Análisis de peligro

En términos de los análisis realizados, se observa que la refinería de Cadereyta se encuentra en zona de alto peligro por inundaciones. Lo anterior, debido a que los eventos de lluvia extrema ocasionan crecientes y desbordes en los ríos Santa Catarina y San Juan. Los escurrimientos provienen principalmente del cañón La Huasteca, que se encuentran regulados río arriba por la Presa Rompe Picos, la cual puede ser desfogada en caso de que se sobrepase su nivel crítico. A lo anterior, se suman otros escurrimientos originados a lo largo de la sierra y cerros que rodean la Zona Metropolitana de Monterrey.

¹⁰ Anuario Estadístico PEMEX 2013, p38.

Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa

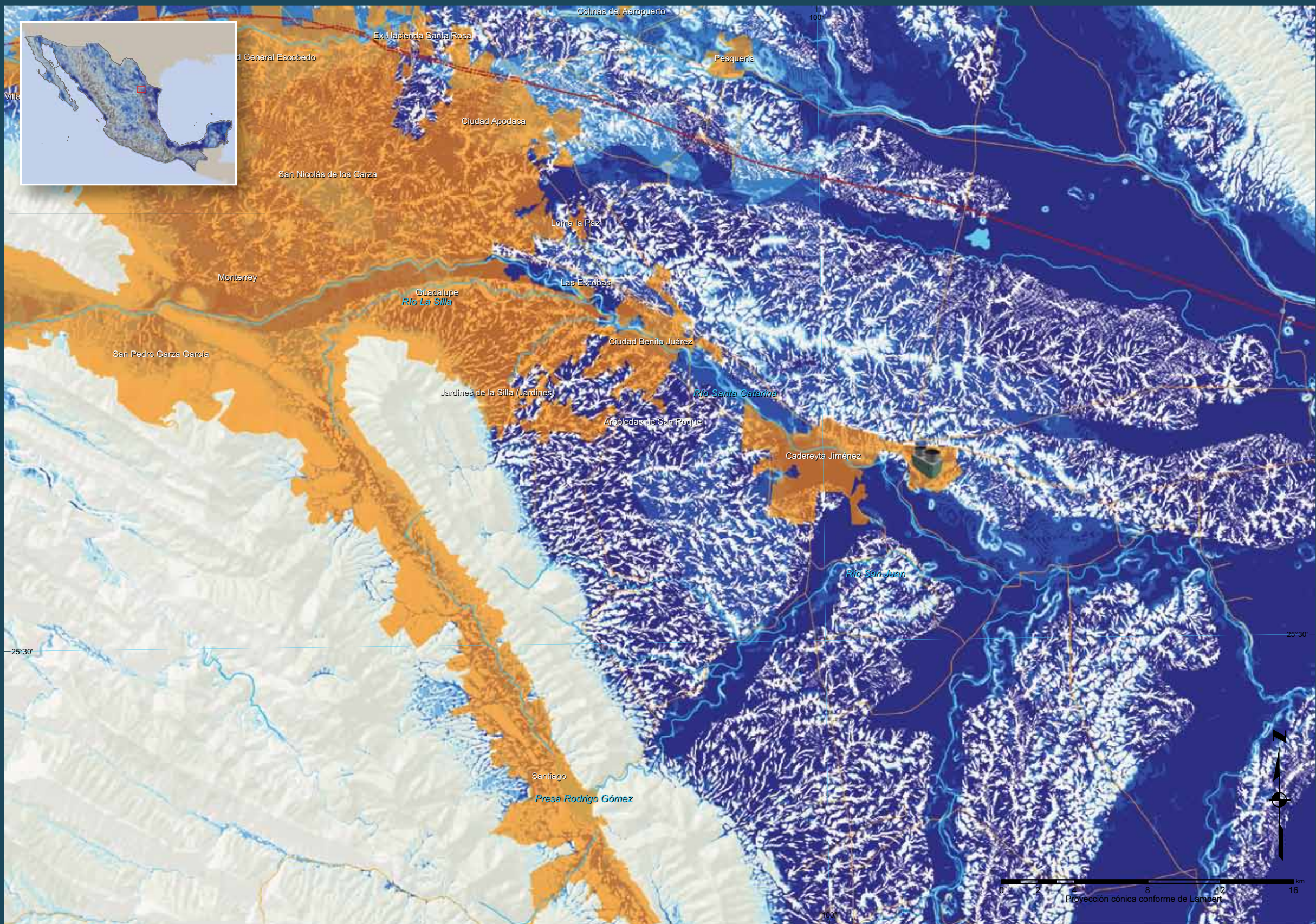
Ubicación



Infraestructura estratégica	
	Refinería
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos

Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa

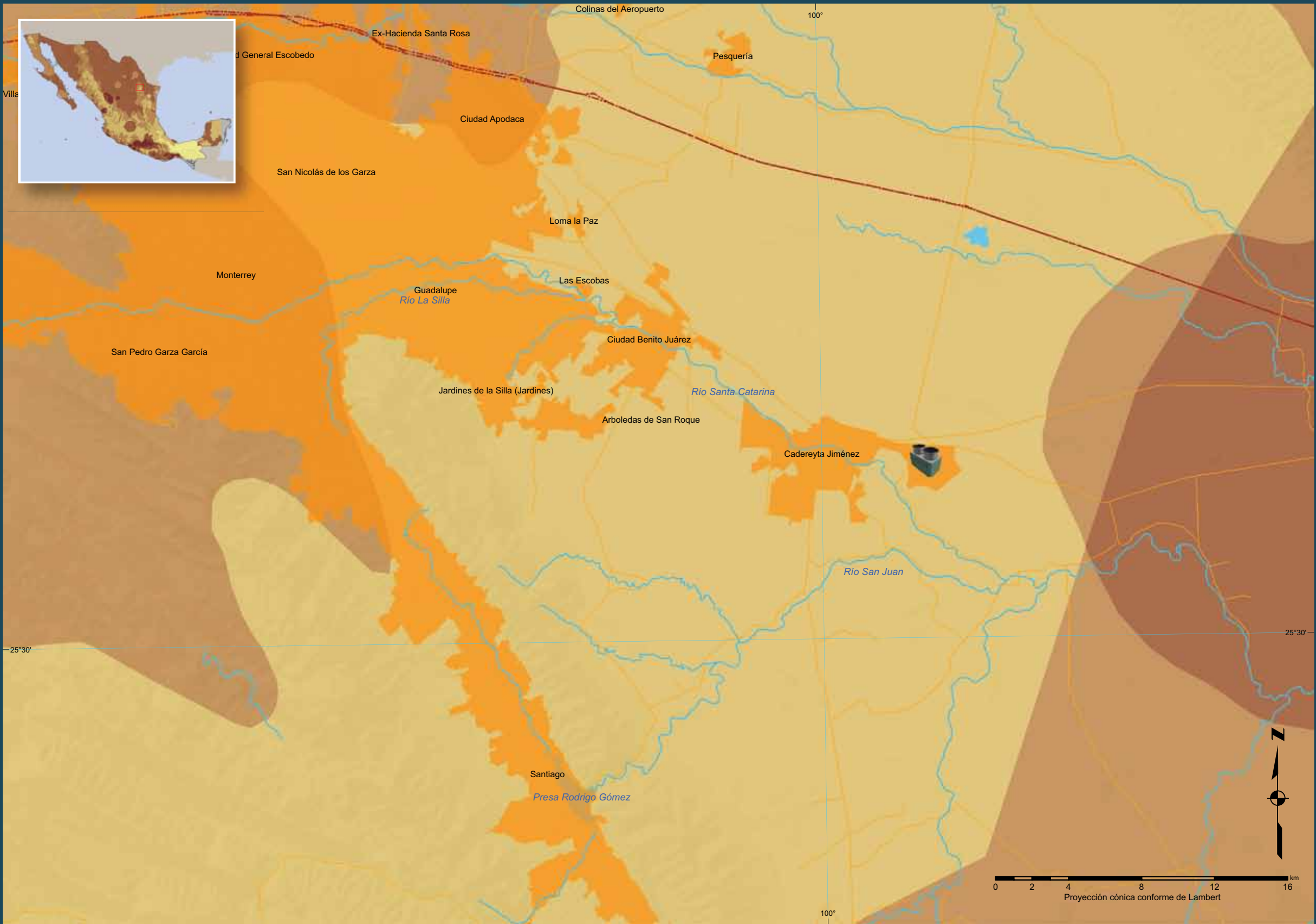
Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Infraestructura estratégica	
	Refinería
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Grado de peligro	
Periodo de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo

Infraestructura estratégica de PEMEX • Refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa

Zonas con peligro por sequía



Infraestructura estratégica	
	Refinería
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Grado de peligro	
Periodo de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo



Escala Regional

PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB)

Complejos procesadores de gas y ductos

PEMEX Gas cuenta con nueve complejos procesadores de gas. De ellos, ocho están ubicados en la región sur-sureste del país (Chiapas, Tabasco y Veracruz) y uno en la región noreste (Tamaulipas). En dichos complejos existe un total de 71 plantas de distintos tipos, que tienen la capacidad instalada siguiente:

- Endulzamiento de gas: 4 503 MMpcd (millones de pies cúbicos diarios)
- Recuperación de líquidos: 5 712 MMpcd
- Recuperación de azufre: 219 MMpcd (3 256 td) (toneladas diarias)
- Endulzamiento de condensados: 144 Mbd (miles de barriles diarios)
- Fraccionamiento de líquidos: 569 Mbd
- Eliminación de nitrógeno: 630 MMpcd

Cabe mencionar que Ciudad Pemex, Cactus y Nuevo Pemex son los complejos más importantes, ya que en ellos se lleva a cabo el 92% del endulzamiento de gas amargo; 66% del procesamiento del gas dulce (recuperación de líquidos) y 97% de la recuperación de azufre. En lo que respecta a los condensados, casi la totalidad de su endulzamiento se realiza en los complejos de Cactus y Nuevo Pemex, mientras que buena parte del fraccionamiento de líquidos se lleva a cabo en los complejos de Cactus, Nuevo Pemex y Coatzacoalcos.¹¹

PEMEX Gas transporta un promedio diario de 4 900 MMpcd de gas natural y 185 Mbd de gas licuado. Adicionalmente, exporta un promedio de 78 Mbd de gasolinas naturales.

Para llevar a cabo las actividades de producción, transporte y comercialización, PEMEX Gas cuenta con la siguiente infraestructura:

- Complejos procesadores de gas
- Terminales de distribución de gas licuado
- Representaciones comerciales
- Sectores de ductos para todo el país, con un total de 12 678 km de longitud, los cuales transportan gas natural, gas licuado del petróleo, petroquímicos básicos, petroquímicos secundarios y agua, apoyados por 15 estaciones de compresión, cinco estaciones de bombeo y nueve interconexiones internacionales.

Con respecto al modelo de peligro por inundaciones pluviales con periodo de retorno de 15 años, la llanura costera del Golfo de México,

en especial Tabasco y sur de Veracruz, es la zona más expuesta del país a este tipo de problemática y, como se mencionó anteriormente, es donde se ubican la mayor parte de los complejos procesadores de gas, entre ellos los de Coatzacoalcos, La Venta y Ciudad Pemex. De igual manera, es en esta zona donde los ductos de la Subsidiaria presentan el peligro más alto por inundación, resaltando la zona de Tampico y el tramo entre Puerto de Veracruz y el Complejo Procesador de Gas Ciudad Pemex.

En cuanto al cambio en la línea de costa, una de las consecuencias es la probable contaminación de mantos acuíferos por intrusión salina, debido a que la modificación del litoral facilita la invasión de agua marina en casos de marea de tormenta. Esto podría generar problemas en el abasto de agua para la operación de las instalaciones petroleras situadas cerca de la costa, como es el caso del Complejo Procesador de Gas Coatzacoalcos.

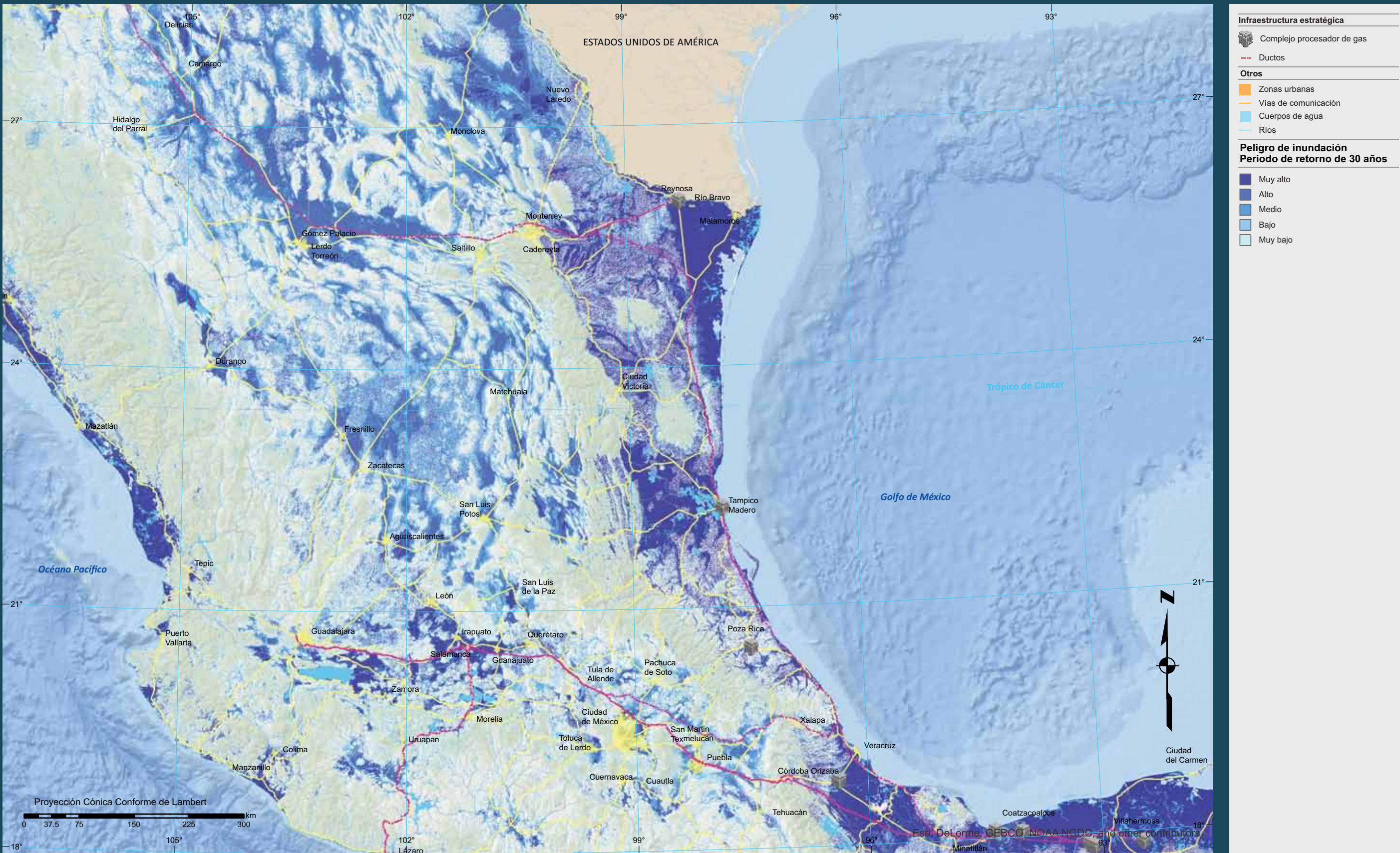
Tabla 10. PEMEX Gas y Petroquímica Básica	
Proceso	2012
Gas natural (MMpcd)	4 382
Condensados (Mbd)	46
Producción	
Gas seco (MMpcd)	3 628
Líquidos de gas (Mbd)	365
Gas licuado (Mbd)	176
Plantas endulzadoras de gas	20
Capacidad de proceso de:	
Condensados Amargos (Mpcd)	4 503
Plantas endulzadoras de condensados	6
Capacidad de proceso de:	
Condensados amargos (Mbd)	144
Plantas criogénicas	21
Capacidad de proceso de gas húmedo (MMpcd)	5 912
Plantas fraccionadoras de líquidos	9
Capacidad de fraccionamiento (MMpcd)	569
Terminales de distribución de gas licuado	18
Ductos (km)	
Gas natural	9 038
Productos	3,640

Fuente: Anuario estadístico PEMEX 2013

¹¹ [http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+\(CPG\)/](http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+(CPG)/) consultado en julio de 2014.

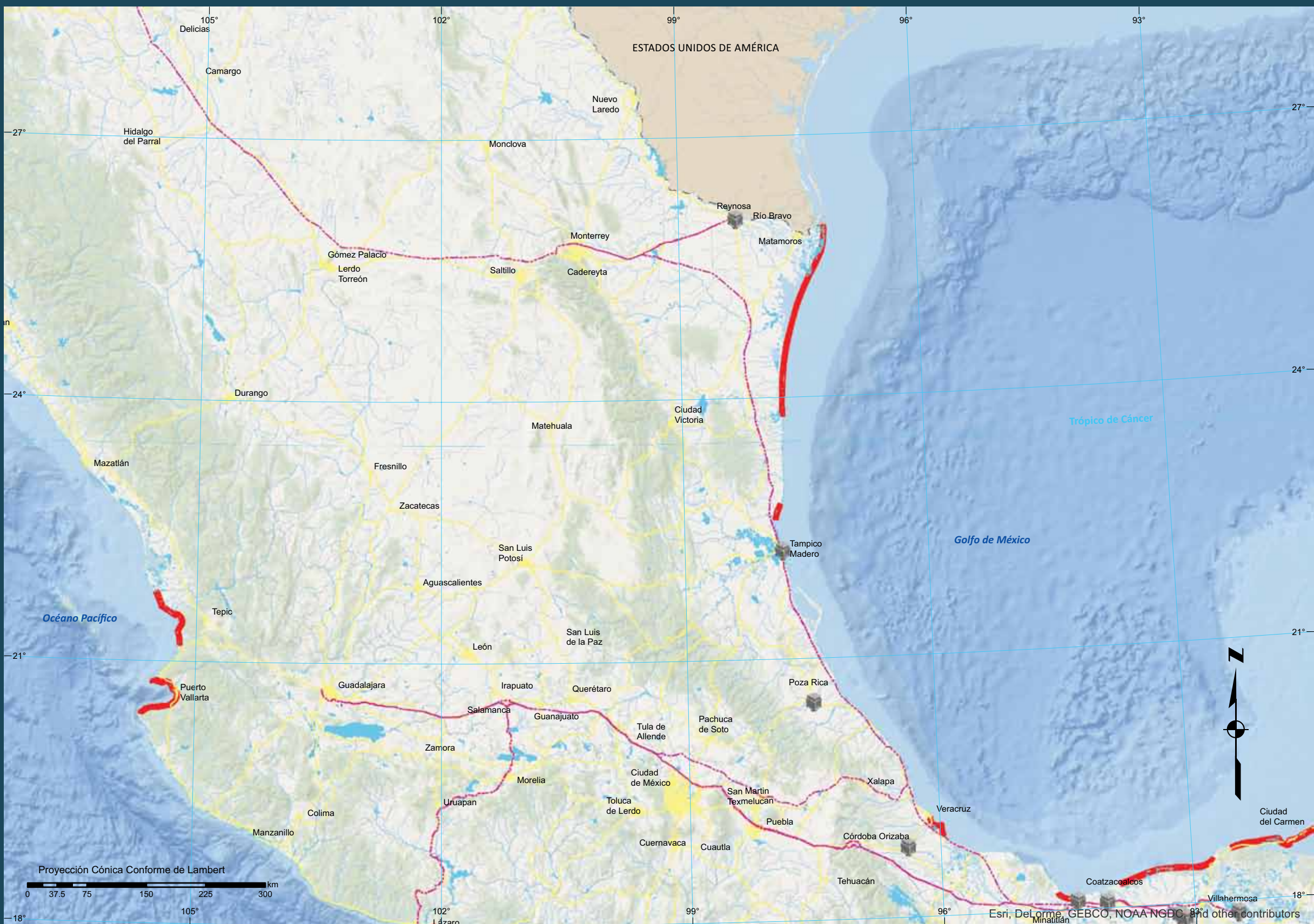
Infraestructura estratégica de PEMEX • Gas y Petroquímica Básica

Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Infraestructura estratégica de PEMEX • Gas y Petroquímica Básica

Zonas con peligro por erosión costera



Infraestructura estratégica	
	Complejo procesador de gas
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
	Límite estatal
Dinámica geomorfológica	
	Retroceso de la costa

Escala Local

Complejo Procesador de Gas Coatzacoalcos

Coatzacoalcos, Veracruz.

Descripción

Inició operaciones en 1997 y se ubica en la zona industrial Pajaritos, municipio de Coatzacoalcos, Veracruz, al sur de la laguna de Pajaritos y sobre la margen derecha del río Coatzacoalcos. Ocupa un lugar muy especial debido a que constituye el eslabón entre el proceso de producción y el de comercialización.¹²

Contexto ambiental

El complejo se construyó en una zona plana de origen fluvio-lacustre, rodeada de suaves lomeríos. La importante presencia de lluvias de temporada y extraordinarias ocasionadas por ciclones tropicales y nortes, hacen que esta zona sea muy vulnerable a inundaciones por acumulación de agua y desborde del río Coatzacoalcos. En cuanto al uso del suelo y vegetación, predominan el uso industrial y urbano, con algunas áreas de pastizal cultivado, relictos de selva alta perennifolia, y asociaciones de vegetación hidrófila de tular, manglar y popal.

Población

En los alrededores del complejo existen diversas localidades como Coatzacoalcos, Nanchital, Allende, Mundo Nuevo, Estero del Pantano, La Candelaria, Colorado y Las Águilas, entre otras, donde habitan alrededor de 300 000 habitantes. La actividad económica preponderante es la petrolera, sin embargo, existe una importante infraestructura carretera, aérea y marítima, que posibilita que esta zona opere como corredor para transporte internacional de mercancías.

Análisis de peligro

Con excepción de algunos lomeríos ubicados al este y sureste del complejo, esta zona se encuentra en peligro alto por inundaciones considerando un periodo de retorno de 30 años. Las instalaciones de este complejo se ubican en una zona baja y plana, influidas fuertemente por las variaciones de nivel del río Coatzacoalcos y por el agua de las lluvias locales, que drena de los lomeríos hacia las zonas planas. Se han presentado inundaciones que afectan la actividad económica y social de la región. Cabe resaltar, que la gran humedad existente facilita la corrosión de los ductos y aumenta las posibilidades de que suceda una fuga. (Oropeza, 2010). Adicionalmente, es importante considerar la dinámica geomorfológica que se presenta en la costa de Coatzacoalcos, donde ocurre un retroceso lento de la línea de costa causado por fenómenos de subsidencia y reducción de procesos de sedimentación proveniente de las partes altas. (Ortiz, 2007).

¹² <http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28CPG%29/Area+Coatzacoalcos.htm> consultado en julio de 2014.

Escala Local

Complejo Procesador de Gas La Venta

La Venta, Tabasco.

Descripción

El complejo se encuentra ubicado en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, ocupa una superficie de 71 hectáreas. Procesa gas húmedo dulce de los yacimientos de Agua Dulce y El Plan. En 1972 amplió sus operaciones con una planta criogénica para procesar los excedentes de gas húmedo de los yacimientos de Chiapas y Campeche y del complejo procesador de gas Cactus.

De igual manera, este complejo procesa el gas natural del campo petrolero 5 Presidentes y el gas húmedo dulce de los complejos de Ciudad Pemex y Cactus.¹³ Según el anuario estadístico de PEMEX 2013, La Venta ocupa el segundo lugar nacional en el procesamiento de gas húmedo dulce.

Contexto ambiental

La Venta se localiza al sur de la localidad del mismo nombre, a menos de cuatro kilómetros de la margen derecha del río Tonalá. Debido a su clima, prevalecen lluvias todo el año, las cuales se incrementan en verano, lo que hace de esta región zona de depósitos fluviales, suelos saturados y existencia de numerosos pantanos. Debido a su poca pendiente y abundantes lluvias, tiene una fuerte tendencia a la acumulación de agua y en consecuencia a sufrir inundaciones. El relieve en general es plano, con zonas muy bajas, que en algunos casos son de sólo algunos metros sobre el nivel del mar.

La vegetación que rodea esta instalación es predominantemente de pastizal cultivado, salvo algunas áreas de manglar y tular al oeste. En algunas zonas se cultiva maíz, frijol y calabaza en diferentes épocas del año; sin embargo, la ganadería extensiva es una actividad importante.

Población

En las cercanías del complejo se encuentran localidades importantes como La Venta, La Ceiba 2ª Sección, Los Manantiales, Aquiles Serdán 1ª sección y La Ceiba 1ª Sección. En un radio de diez kilómetros existen un total de 38 localidades con una población aproximada de 12 000 habitantes.

La economía de La Venta gira principalmente en torno a las actividades petroleras, no obstante, debido a su cercanía con la autopista Coatzacoalcos-Villahermosa se desarrollan algunas actividades comerciales y de servicios.

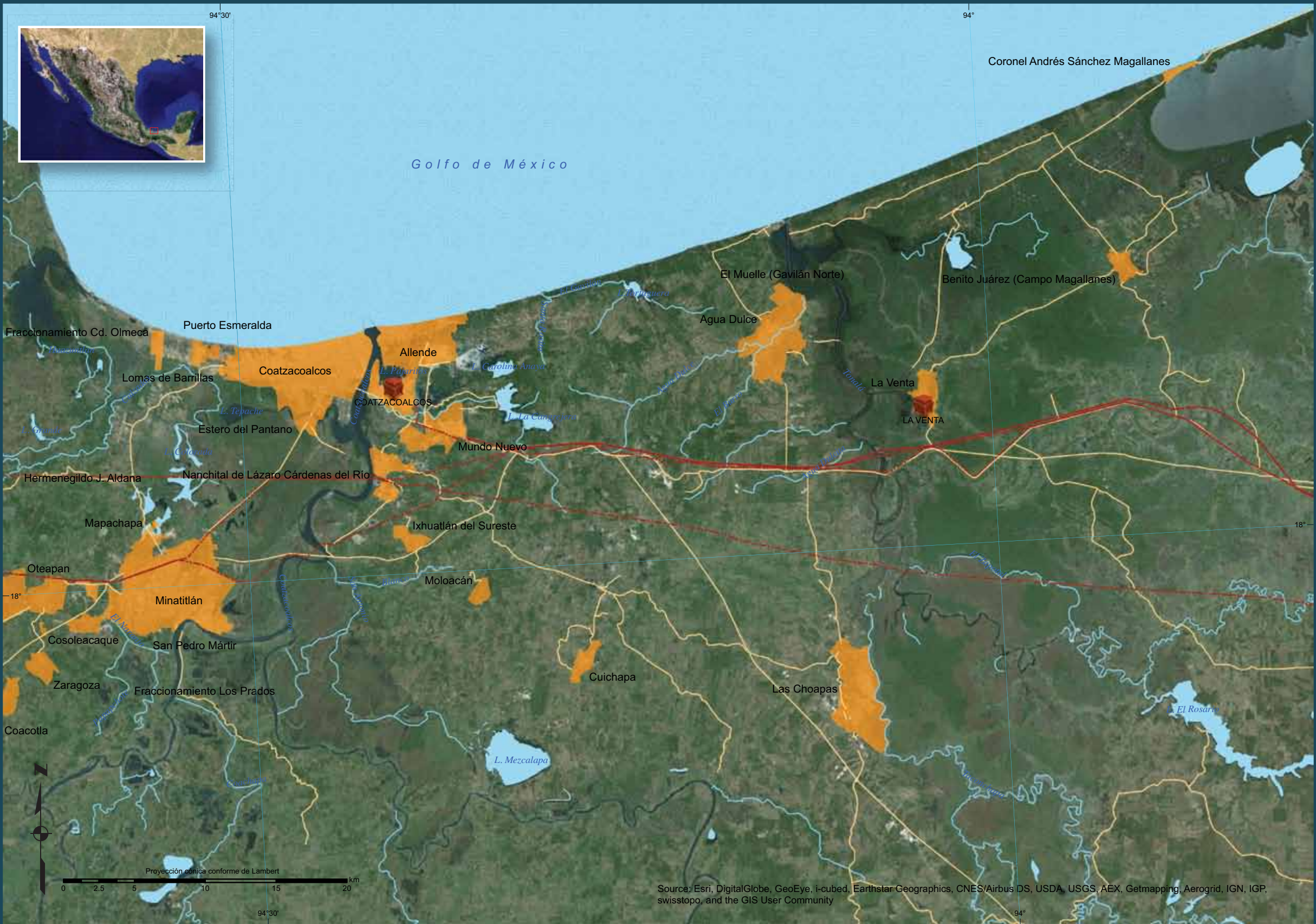
¹³ <http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28CPG%29/La+Venta.htm> consultado en julio de 2014.

Análisis de peligro

De acuerdo al modelo de peligro a inundaciones con periodo de retorno de 30 años, el complejo se ubica en zona de inundación con peligro muy alto. La existencia de canales y relieve prácticamente plano, contribuye a que en eventos de precipitaciones importantes ocurran inundaciones y desborde del río Tonalá y en consecuencia afectación de las operaciones y producción del complejo.

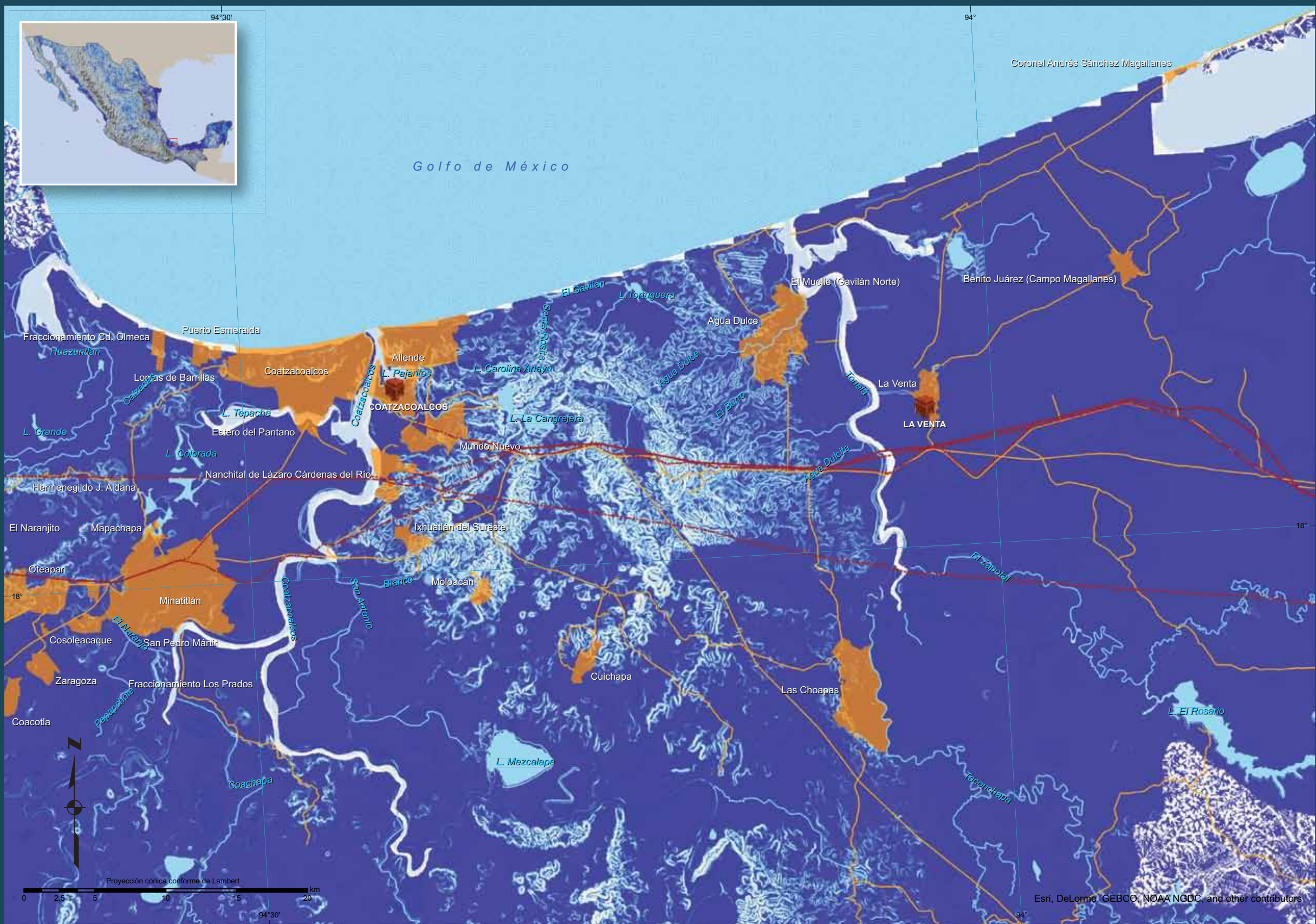
Es preciso mencionar que en caso de accidente en las instalaciones petroleras y de existir alguna fuga de hidrocarburo, podría verse principalmente afectada la población que habita en la localidad de La Venta, por la dispersión de contaminantes.

Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejos procesadores de gas Coatzacoalcos, Ver. y La Venta, Tab.
Ubicación

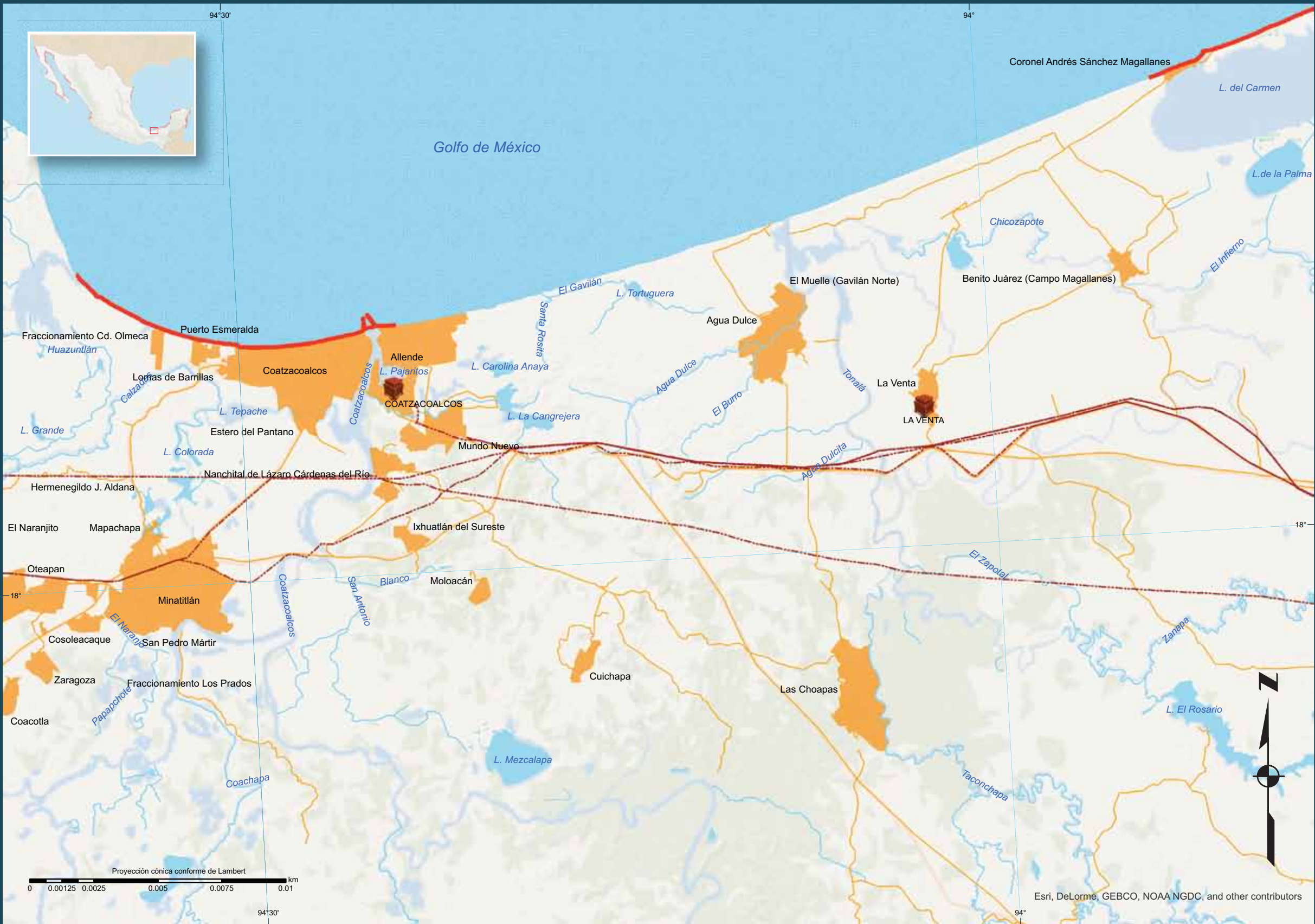


Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejos procesadores de gas Coatzacoalcos, Ver. y La Venta, Tab.

Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejos procesadores de gas Coatzacoalcos, Ver. y La Venta, Tab,
Zonas con peligro por erosión costera



Escala Local

Complejos Procesadores de Gas Cactus y Nuevo Pemex

Reforma, Chiapas. / Centro, Tabasco.

Descripción

Con el inicio de la explotación petrolera en la región de Tabasco-Chiapas en 1972, surge la necesidad de aprovechar el gas asociado al crudo, eliminando contaminantes y separando sus componentes para obtener gas licuado, gas dulce, gas natural seco, etano, gasolina natural y azufre líquido.¹⁴ Para lo anterior, se construye en 1974 el Complejo Procesador de Gas Cactus en el municipio de Reforma, Chiapas. Actualmente ocupa una superficie de 194 hectáreas.

A finales de 1976 se autoriza la construcción del CPG Nuevo Pemex en el municipio del Centro, Tabasco, el cual ocupa una superficie de 464 hectáreas. El complejo abastece y distribuye hidrocarburos para todo el país, consolidándose de esta manera como una instalación estratégica para el aprovechamiento del gas. Al igual que el CPG Cactus, este complejo está orientado fundamentalmente a tratar el gas natural para eliminar los contaminantes y separar sus componentes, obteniendo productos como gas licuado, gas dulce, gas natural seco, etano, naftas y azufre líquido.

Contexto ambiental

Ambos complejos se ubican en llanuras aluviales, sobre terrenos planos y semi-pantanosos. Se ubican en la zona de transición entre la planicie costera y la zona serrana de Chiapas. El régimen climático y el impacto de ciclones tropicales y frentes fríos, ocasionan lluvias abundantes en buena parte del año.

En la zona predominan los pastizales y cuerpos de agua con vegetación hidrófila, además de algunas zonas con agricultura de temporal hacia el norte. Cuenta con una extensa red hidrográfica en la que destacan los ríos Platanar, Pichucalco, Camoapa y Blanquillo, todos afluentes del Mezcalapa-Grijalva, que drenan las zonas altas de Chiapas hacia el Golfo de México.

Población

Entre ambos complejos, se ubica la localidad de Reforma, cabecera municipal del municipio, con una población aproximada de 23 000 habitantes.

La actividad petrolera es la predominante, seguida de la agrícola y ganadera, por esta razón, se considera un polo de desarrollo, además de Tuxtla Gutiérrez y Tapachula.

Análisis de peligro

Los complejos de Nuevo Pemex y Cactus, se localizan en una zona semi-plana con alto peligro por inundación, debido al régimen pluviométrico dominante y a la gran influencia de los escurrimientos provenientes de las partes altas. Algunos tramos de ductos también están en zonas de alto peligro. En caso de presentarse algún accidente podría verse afectada la localidad de Reforma, debido a que se ubica entre los dos complejos.

Escala Local

Complejo Procesador de Gas de Ciudad Pemex

Macuspana, Tabasco.

Descripción

Se ubica en el municipio de Macuspana, Tabasco. El complejo inició operaciones en 1958 y en la actualidad cuenta con cuatro plantas endulzadoras de gas, dos plantas de azufre y dos plantas criogénicas. Para transportar el gas natural seco, se tiene un gasoducto de 24" de diámetro y 780 km de longitud, que parte de Ciudad Pemex hacia la Ciudad de México.

La actividad principal de este complejo es la de tratar el gas húmedo amargo para eliminar los contaminantes y separar sus componentes. Una vez procesado el gas húmedo se entregan productos como el gas natural seco y azufre líquido, para ser procesados en otros complejos. En 2008 inició operaciones la planta de Eliminación de Nitrógeno (NRU) cuya función principal es remover el nitrógeno del gas natural seco producido en las plantas criogénicas.¹⁵

Contexto ambiental

En la zona existen diversos cuerpos de agua, entre ellos los ríos Platanar, Pichucalco, Camoapa y Blanquillo, todos afluentes del Mezcalapa-Grijalva. En términos de vegetación, todavía persisten manchones de vegetación hidrófila de tular y popal, vegetación de sabana y en su mayoría pastizales cultivados. La fauna silvestre es muy diversa, algunas especies están catalogadas en peligro de extinción.

Población

Ciudad Pemex tiene poco menos de 6 000 habitantes. Debido a la importante actividad petrolera existente, esta zona se puede considerar como un polo de desarrollo dentro de la región. Además de la actividad industrial petrolera, se desarrolla agricultura de temporal y ganadería en áreas muy localizadas.

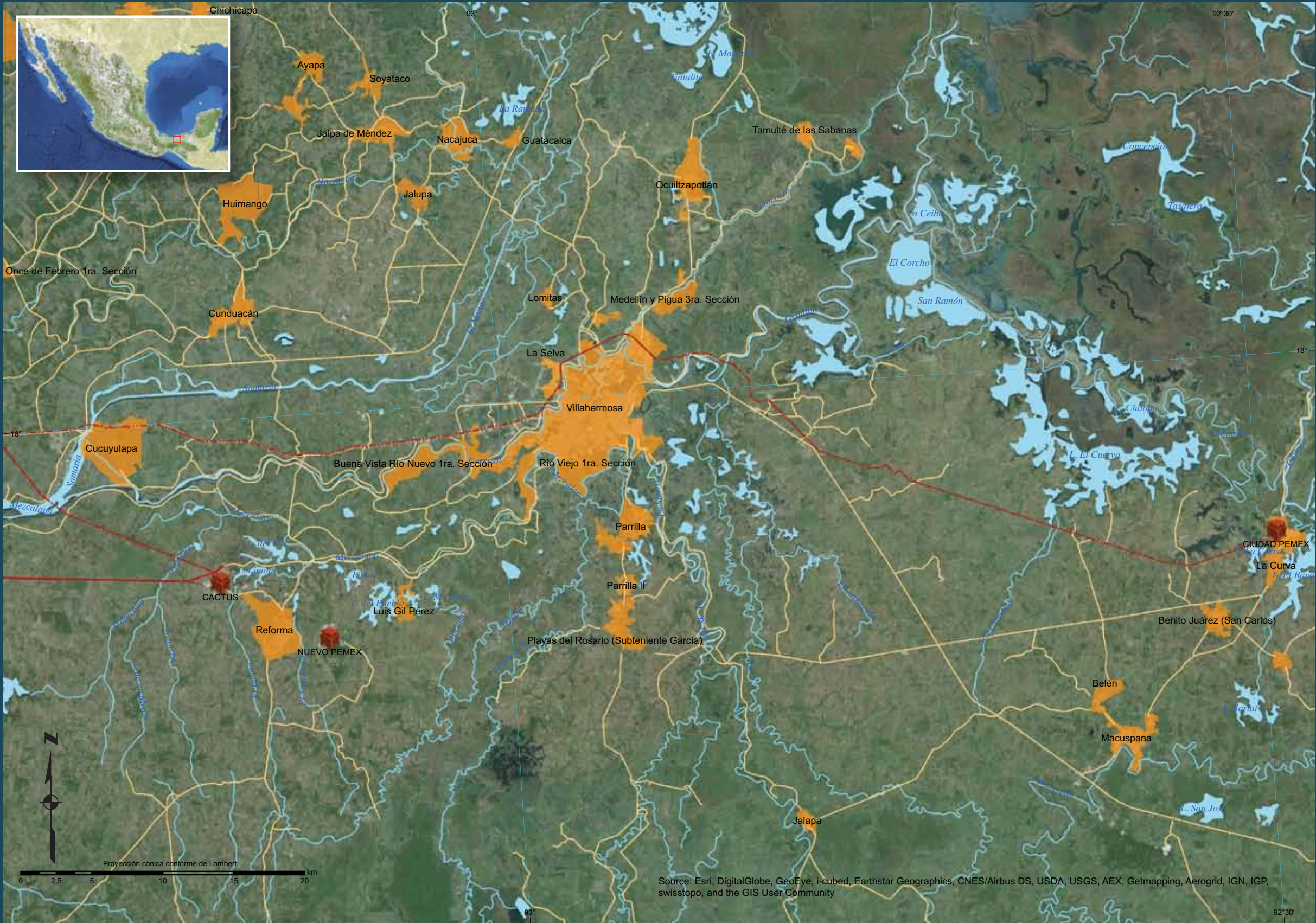
Análisis de peligro

De acuerdo con los análisis de peligro a inundaciones realizados, el complejo se ubica en zonas de peligro alto y muy alto. Cabe mencionar que en octubre de 2011, se registraron lluvias históricas, que representaron alrededor del 20 por ciento por arriba del promedio, provocando severas inundaciones. Por lo anterior, se considera que tanto las instalaciones petroleras, como la población, las actividades productivas y demás infraestructura existente, podrían verse afectadas en caso de ocurrir algún evento de lluvia extrema, ya que la importante red hidrológica existente se vería rebasada y desbordada causando importantes inundaciones.

¹⁴ <http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28CPG%29/SProdCactus.htm> consultado en julio de 2014.

¹⁵ <http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28CPG%29/Ciudad+Pemex.htm> consultado en julio 2014.

Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejos procesadores de gas Cactus, Chis., Nuevo Pemex y Ciudad Pemex, Tab.



Infraestructura estratégica

 Complejo procesador de gas

Ductos

Otros

Zonas urbanas

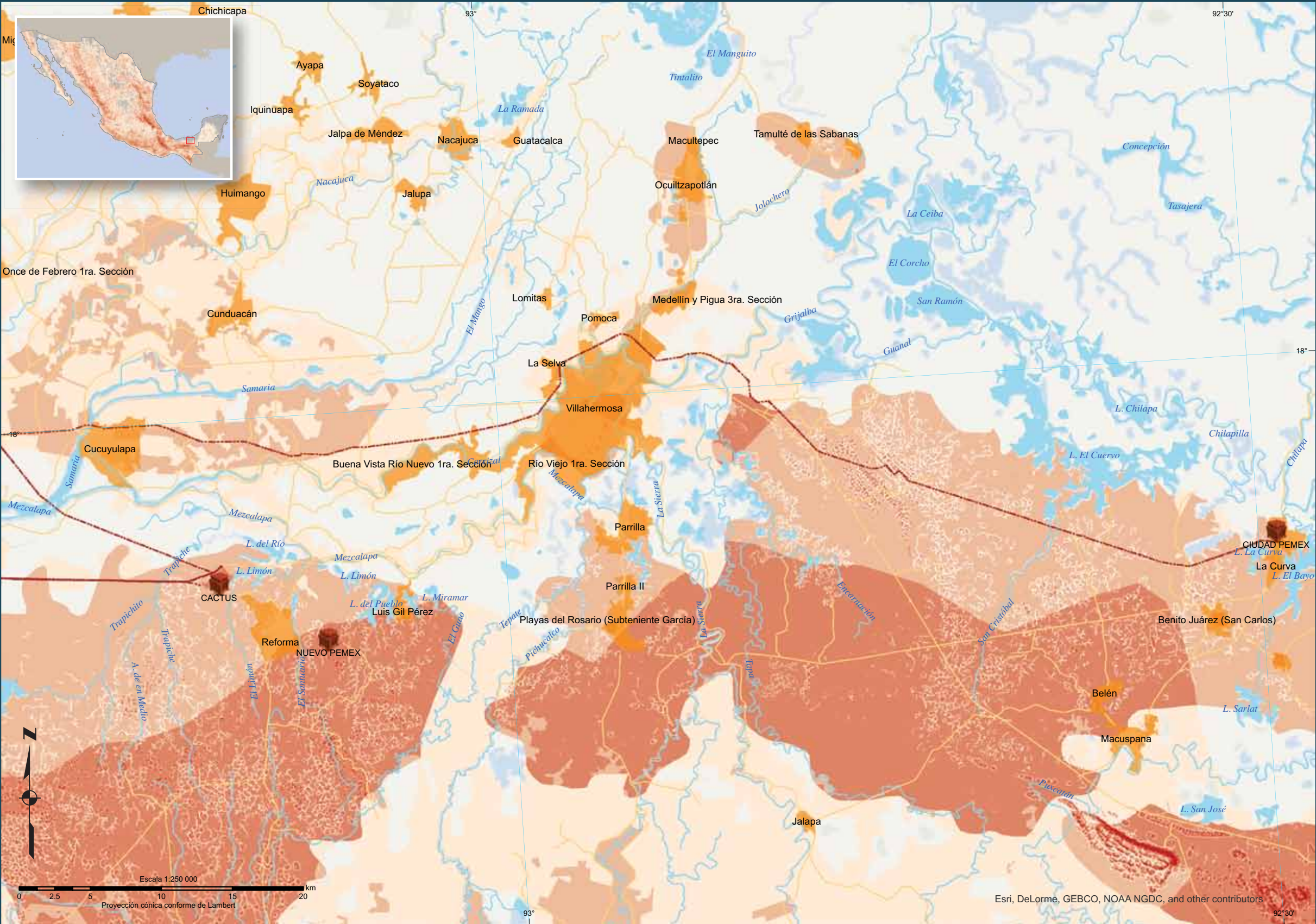
Vías de comunicación

Cuerpos de agua

R109



Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejos procesadores de gas Cactus, Chis., Nuevo Pemex y Ciudad Pemex, Tab.
Zonas con peligro por deslaves de laderas



Infraestructura estratégica	
	Complejo procesador de gas
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Grado de peligro	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo

Esri, DeLorme, GEBCO, NOAA NGDC, and other contributors



Escala Local

Complejo Procesador de Gas Reynosa

Reynosa, Tamaulipas.

Descripción

Se ubica en la ciudad y municipio de Reynosa y ocupa un área de 32 hectáreas. Comenzó operaciones en 1955 con objeto de procesar el gas y condensado de los pozos de la zona denominada frontera noreste. Utiliza un proceso de absorción para separar los líquidos y el fraccionamiento de condensados del gas natural. Una vez procesados el gas húmedo y los condensados se obtienen productos como gas natural seco, gas licuado, gasolina natural, solvente “K” y residuo.¹⁶

Contexto ambiental

El complejo se ubica dentro de la zona urbana. Esta zona pertenece al distrito de riego del Río Bravo. Éste río es el principal proveedor de agua de la región, que suministra el vital líquido para las actividades agropecuarias, urbanas y los procesos industriales que se llevan a cabo en el mismo complejo.

Población

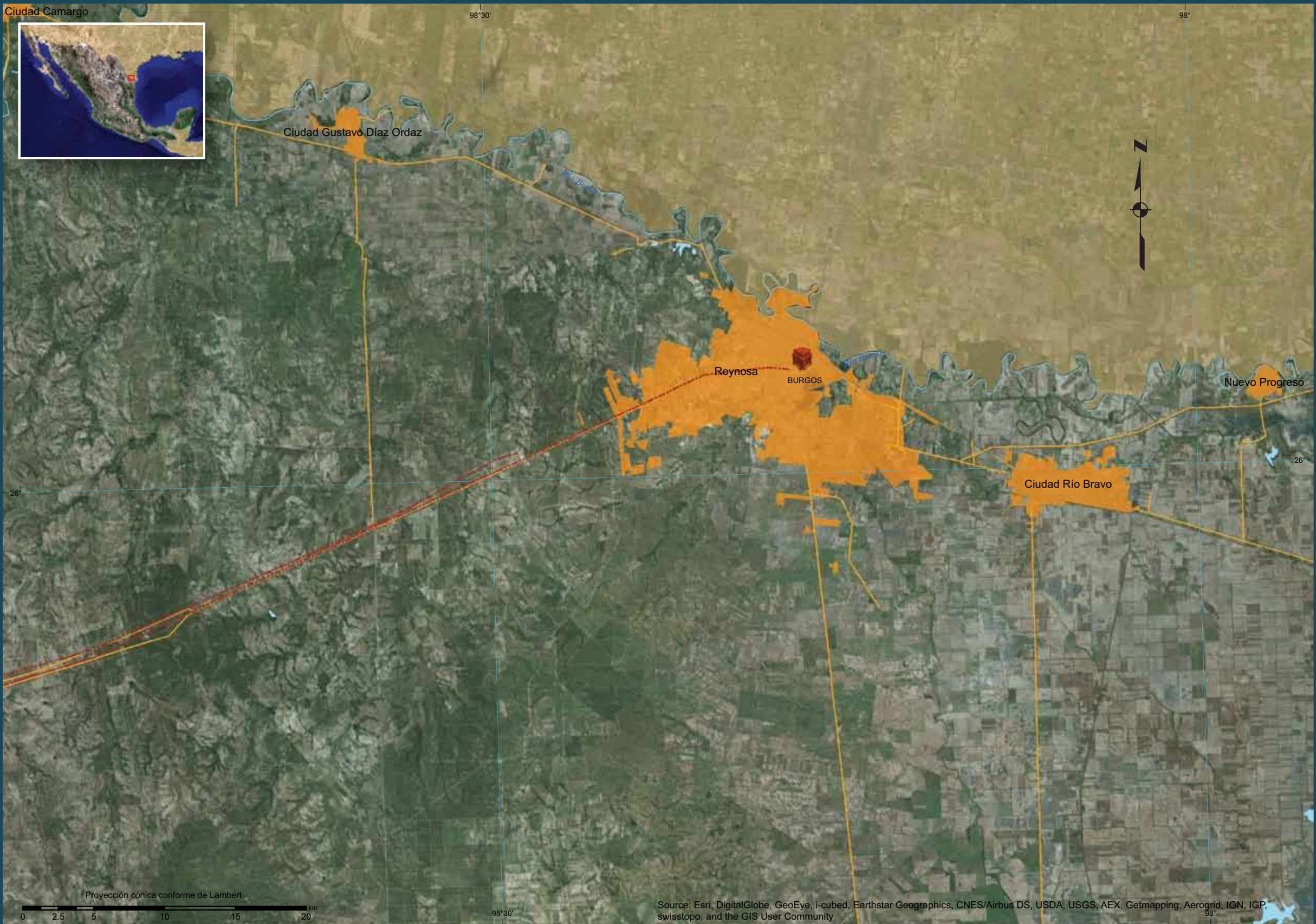
El municipio cuenta con más de 600 000 habitantes. La actividad agropecuaria es muy importante por la influencia que tiene el distrito de riego. Al ser una ciudad fronteriza, existe una amplia población flotante.

Análisis de peligro

De acuerdo con el modelo de peligro a inundaciones con un periodo de retorno de 30 años, el complejo se ubica en zona con peligro muy alto por inundaciones. En contraste, también se encuentra en zona de alto peligro por sequías, problema que es mitigado por la existencia del Río Bravo.

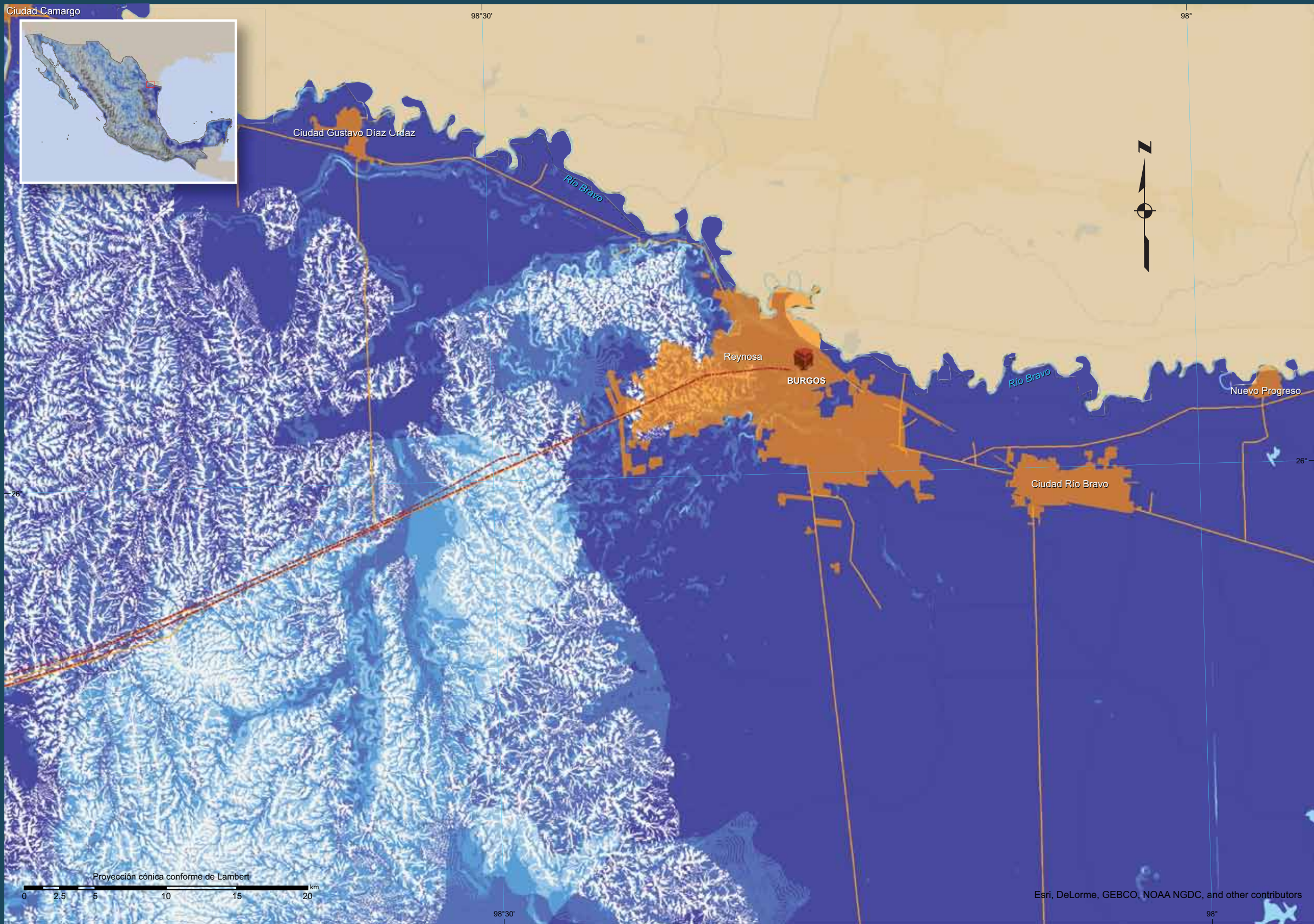
¹⁶ <http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28CPG%29/Reynosa.htm>
consultado en julio de 2014.

Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejo procesador de gas Reynosa, Tamps.
Ubicación



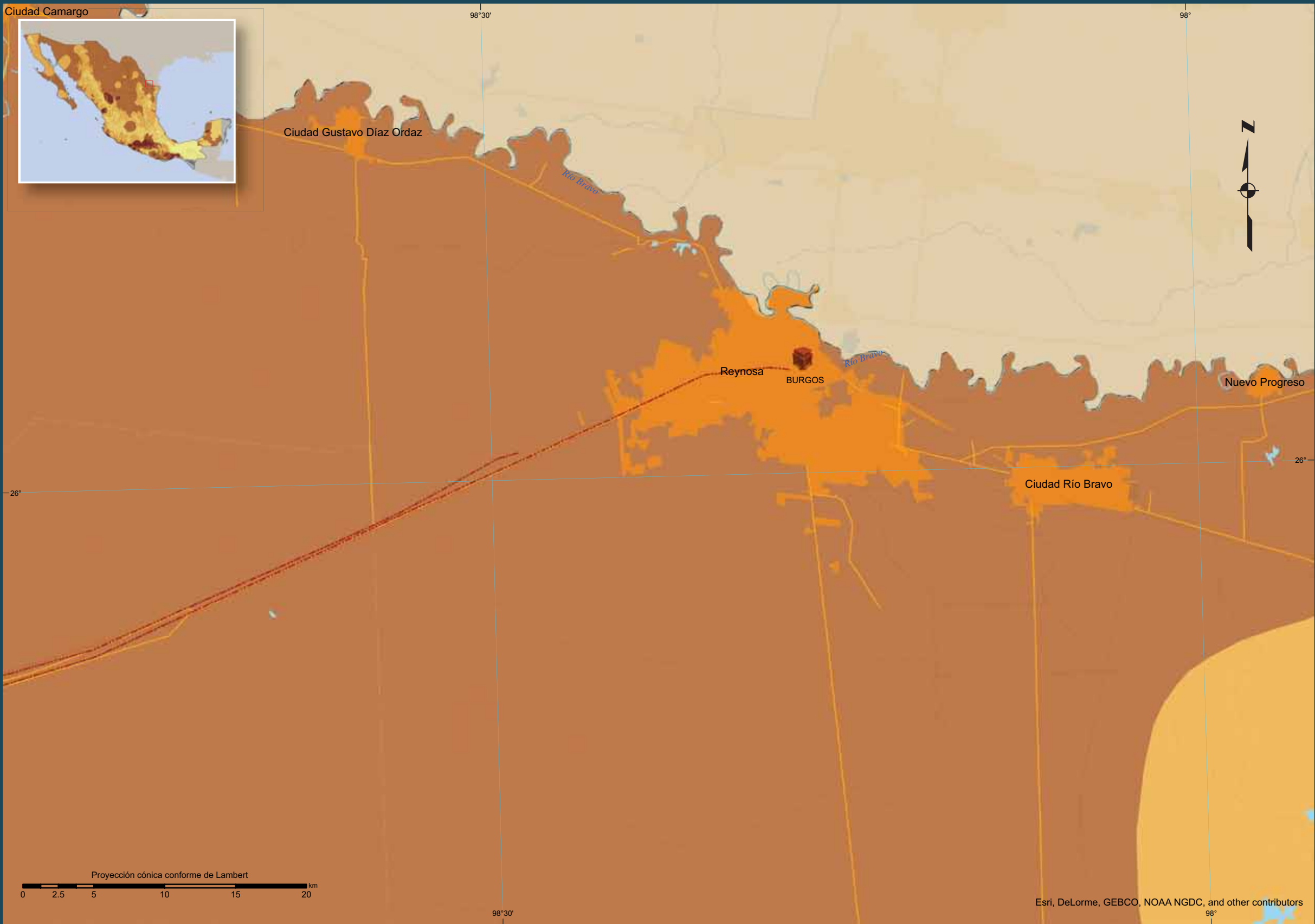
Infraestructura estratégica	
	Complejo procesador de gas
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos

Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejo procesador de gas Reynosa, Tamps.
Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Infraestructura estratégica	
	Complejo procesador de gas
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Peligro de inundación	
Periodo de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo

Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejo procesador de gas Reynosa, Tamps.
Zonas con peligro por sequía



Infraestructura estratégica	
	Complejo procesador de gas
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Grado de peligro	
Periodo de retorno de 3 años	
	Muy Alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo



PEMEX Petroquímica (PPQ) Complejos petroquímicos

La industria petroquímica en México tiene como propósito principal la transformación del gas natural y los derivados del petróleo (metano, etano y naftas) en materias primas, representando la base para varios sectores industriales como el textil, automotriz, transporte, electrónica, construcción, plásticos, alimentos, fertilizantes, farmacéutica y química, entre otros

Dada la importancia que tiene esta industria al ocupar un lugar estratégico en las cadenas productivas, es imprescindible que se realicen análisis del grado de peligro por fenómenos hidrometeorológicos extremos que presentan las instalaciones petroquímicas y se tomen medidas de prevención o mitigación para que no se vean interrumpidos los procesos industriales para abastecer oportunamente a la industria nacional con los insumos que ésta requiere.

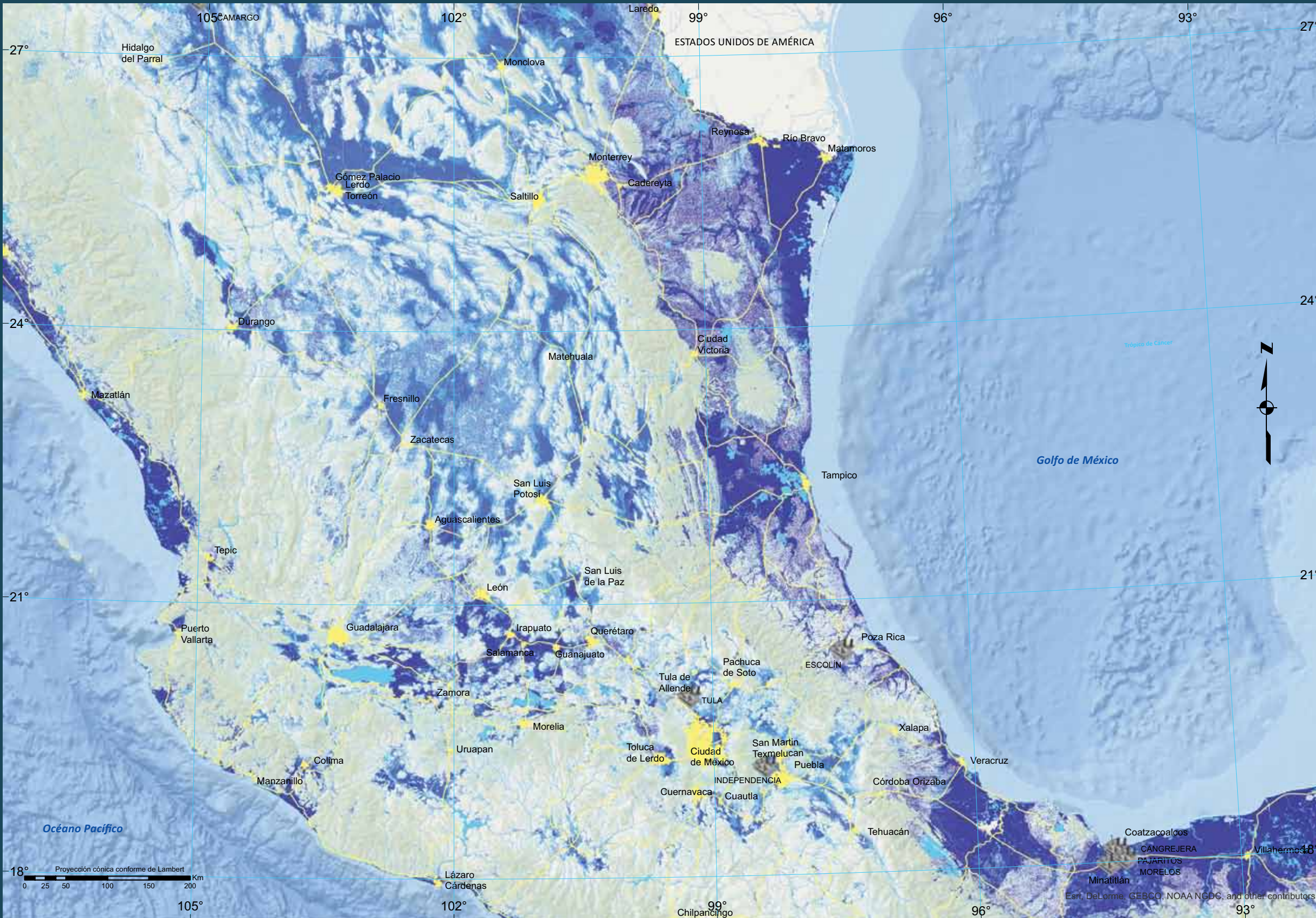
PEMEX Petroquímica elabora, comercializa y distribuye productos petroquímicos como amoniaco, benceno, dicloroetano, etileno, metanol, óxido de etileno, paraxileno, propileno, tolueno y xileno, entre otros, para satisfacer la demanda del mercado. Su actividad fundamental consiste en la realización de los procesos petroquímicos no básicos derivados de la primera transformación del gas natural.¹⁷

PEMEX cuenta con ocho complejos petroquímicos: Complejo Petroquímico Cangrejera, Complejo Petroquímico Pajaritos y el Complejo Petroquímico Morelos, ubicados en Coatzacoalcos, Veracruz; Complejo Petroquímico Cosoleacaque, ubicado en Cosoleacaque, Veracruz; Complejo Petroquímico Escolín, ubicado en Poza Rica, Veracruz; Complejo Petroquímico Independencia, ubicado en San Martín Texmelucan, Puebla; Complejo Petroquímico Tula, ubicado en Tula, Hidalgo; y el Complejo Petroquímico Camargo, ubicado en Camargo, Durango. Los complejos petroquímicos Cosoleacaque, Morelos y Cangrejera, son los más importantes por su volumen, ya que producen aproximadamente 15 millones de toneladas de productos al año.¹⁸

Tabla 11. Pemex Petroquímica	2012
Producción (Mt)	6 347
Ventas internas (Mt)	2 678
Instalaciones	
Complejos petroquímicos	8
Plantas	37
Capacidad instalada (Mt)	13 705

¹⁷ http://www.sener.gob.mx/res/86/Petroquimica_final.pdf consultado en agosto de 2014.
¹⁸ <http://www.ptq.pemex.com.mx/AcercaPPQ/Paginas/default.aspx> consultado en agosto de 2014.

Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Escala Local

Complejos Petroquímicos Cangrejera y Morelos

Coatzacoalcos, Veracruz.

Descripción

El complejo petroquímico Cangrejera inició operaciones en 1980. Es la instalación más grande de su tipo en América Latina. Actualmente opera con 16 plantas activas que se encuentran orientadas a la cadena de derivados de etileno y aromáticos, obteniendo como productos principales polietileno de baja densidad, estireno, óxido de etileno, benceno y tolueno, entre otros.

El Complejo Petroquímico Morelos es el más recientemente construido en la región de Coatzacoalcos. Produce cerca de dos millones de toneladas de productos como óxido de etileno, acetaldehído, glicoles etilénicos, acrilonitrilo, polipropileno y polietileno de alta densidad. Ambos complejos se ubican en el municipio de Coatzacoalcos.

Contexto ambiental

Se ubican al este de la ciudad de Coatzacoalcos, entre el río Coatzacoalcos y zonas de humedales. En los años ochenta se inició la construcción de la presa La Cangrejera y de un acueducto en el ejido Cangrejera, con la finalidad de abastecer de agua a la industria local. La presa se abastece de los escurrimientos captados por la cuenca propia de la presa así como de las aportaciones del río Uxpanapa. El acueducto es operado en época de estiaje para completar los volúmenes demandados por las industrias.¹⁹

La zona se considera una gran llanura inundable pues se caracteriza por su formación aluvial, con una topografía compuesta por pendientes suaves, algunos lomeríos y abundantes precipitaciones. Existe vegetación acuática y manchones importantes de sabana y pradera. La mayor parte de la vegetación ha sido fuertemente perturbada por las actividades humanas, principalmente por la ampliación de la ganadería extensiva, la agricultura, la explotación forestal y la industria.

Población

El municipio cuenta con aproximadamente 300 000 habitantes. Las actividades económicas que predominan corresponden al sector terciario, más específicamente al comercio y a los servicios; el sector secundario con la presencia de la industria petrolera sigue en importancia y finalmente, las actividades agropecuarias.

Análisis de peligro

De acuerdo con el modelo de peligro por inundaciones con un periodo de retorno de 30 años, las instalaciones de los complejos petroquímicos se encuentran en zona con grado de peligro muy alto de inundación. Esto se debe a la presencia de importantes cuerpos de agua, entre ellos zonas de pantanos y corrientes significativas como el río Coatzacoalcos, así como la existencia de suelos poco permeables. Todo ello sumado a las abundantes precipitaciones que ocurren tanto en la llanura como en la zona serrana, ocasionan el desborde del río y la consecuente inundación de estos complejos. Estos eventos ponen en riesgo tanto la operación de la industria como los recursos de agua y vegetación existentes en la zona, por los riesgos de contaminación ocasionados por posibles derrames o fugas de hidrocarburos y sus derivados.

Complejo Petroquímico Cosoleacaque

Cosoleacaque, Veracruz.

Descripción

El Complejo Petroquímico Cosoleacaque se ubica en el municipio del mismo nombre, inició operaciones en 1971 y cuenta con una capacidad instalada para producir 2.8 millones de toneladas de amoníaco y más de 3.3 millones de toneladas de bióxido de carbono, ambos necesarios para la producción de fertilizantes; 40 mil toneladas de paraxileno, para la producción ácido tereftálico; así como la producción de hidrógeno necesario para sus procesos.

Contexto ambiental

El complejo pertenece a la cuenca del río Coatzacoalcos, por lo que cuenta con una importante red hidrológica y precipitaciones importantes. En la zona existe una gran problemática ambiental por la descarga de residuos industriales, derivados de los procesos que se llevan a cabo en las instalaciones petroleras. A su vez, la selva baja caducifolia ha ido perdiendo terreno por la apertura de áreas de pastizal para la introducción de ganado y desarrollo de actividades agropecuarias.

Población

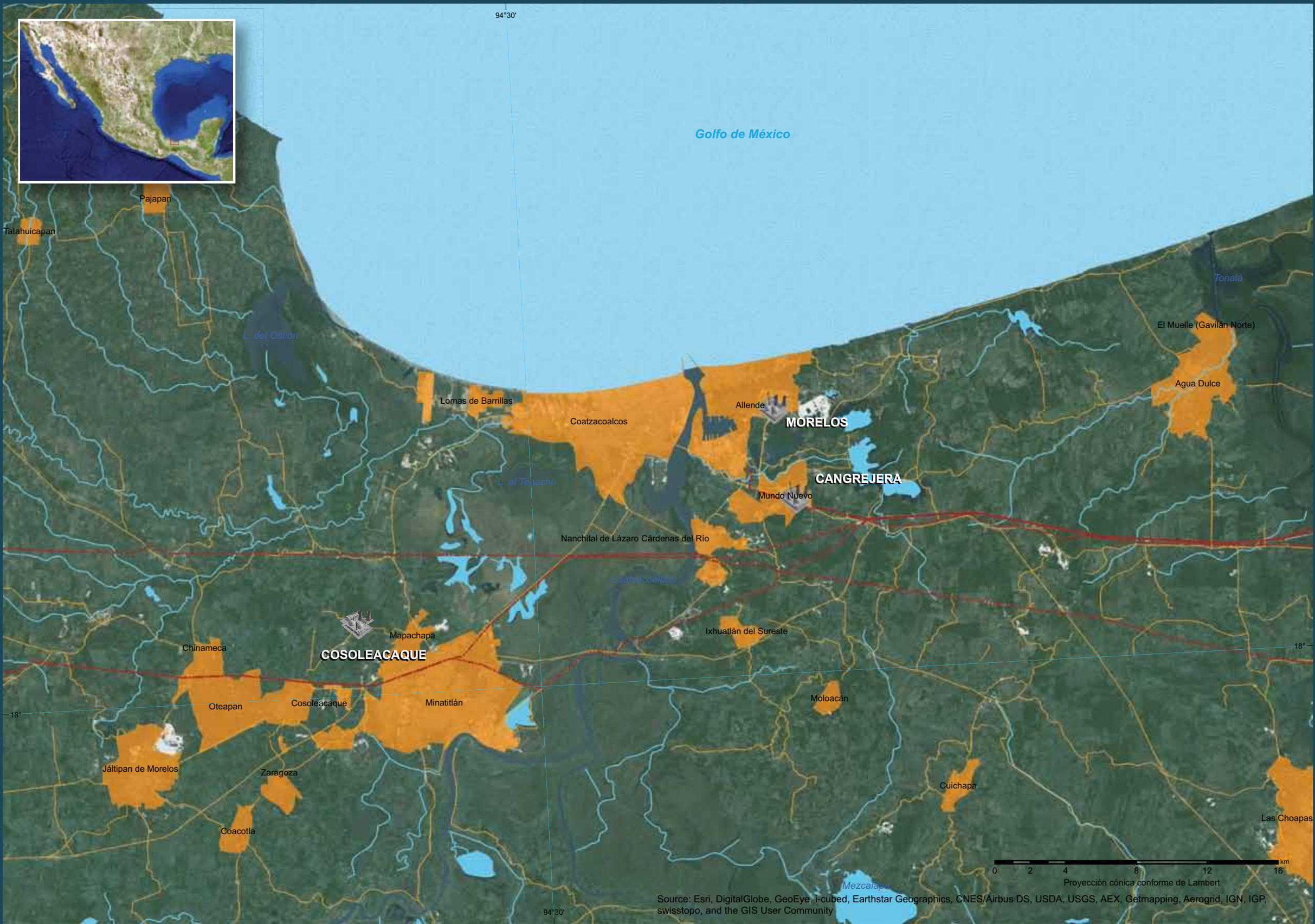
El municipio cuenta con aproximadamente 120 000 habitantes. Entre la población predominan las actividades del sector terciario como es el comercio y los servicios, le sigue el sector secundario con actividades ligadas a la industria petrolera, y por último el sector primario con las actividades agropecuarias.

Análisis de peligro

De acuerdo con el modelo de peligro por inundaciones, analizado con un periodo de retorno de 30 años, las instalaciones del complejo petroquímico se encuentran en zona con peligro muy alto de inundaciones, por la influencia de importantes corrientes y cuerpos de agua, como el río Coatzacoalcos que al momento de presentarse lluvias extremas desborda y contribuye a la ocurrencia de inundaciones. Esta problemática juega un papel fundamental en la gestión del riesgo del complejo, debido a que el medio acuoso es un vector muy favorable para la dispersión de contaminantes en caso de algún accidente en estas instalaciones.

¹⁹ <http://www.conagua.gob.mx/ocgc07/Temas/PRESA%20LA%20CANGREJERA.pdf>
consultado en octubre de 2014.

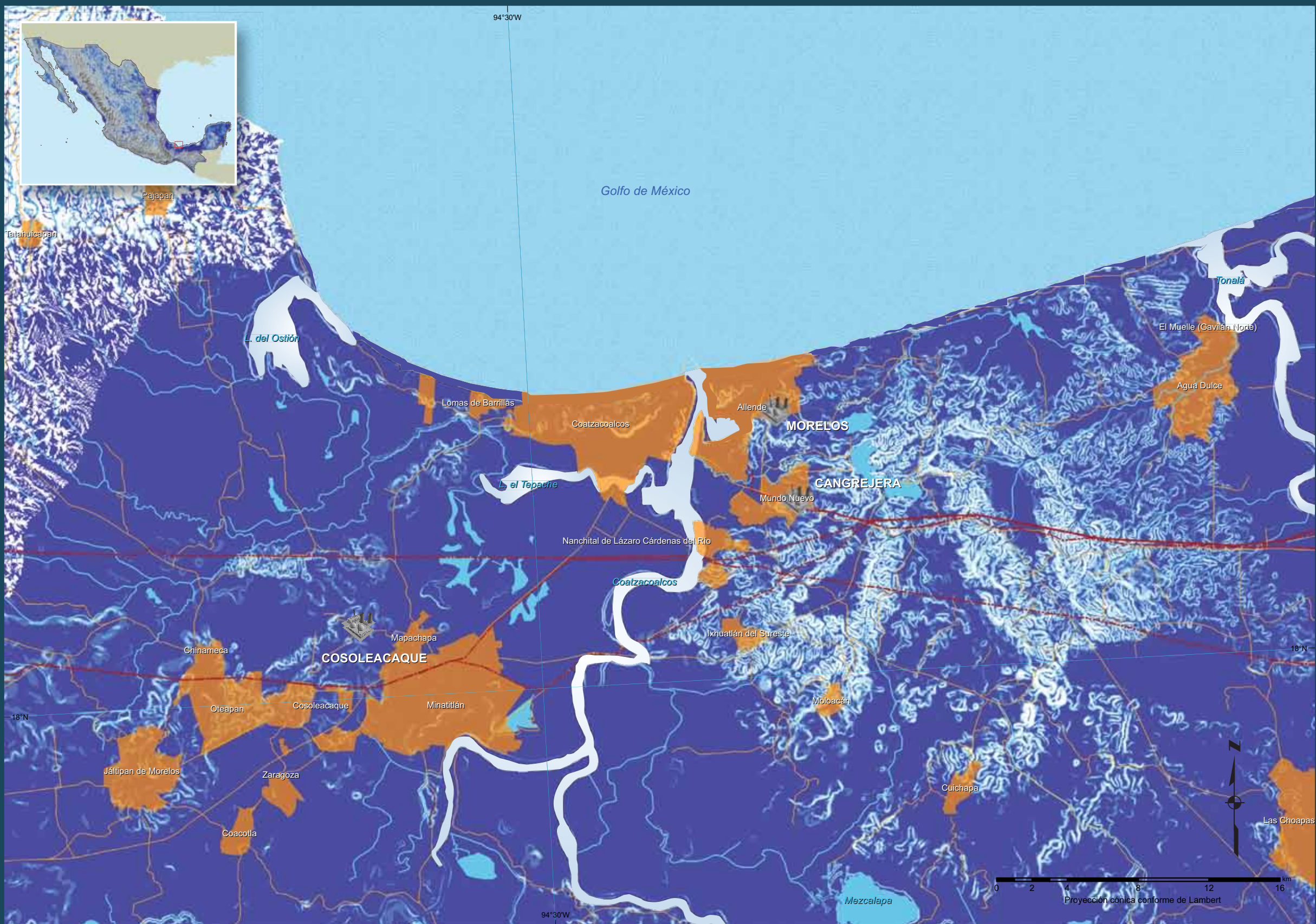
Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejos petroquímicos Cangrejera, Morelos y Cosoleacaque, Ver.
Ubicación



Infraestructura estratégica	
	Complejos petroquímicos
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos

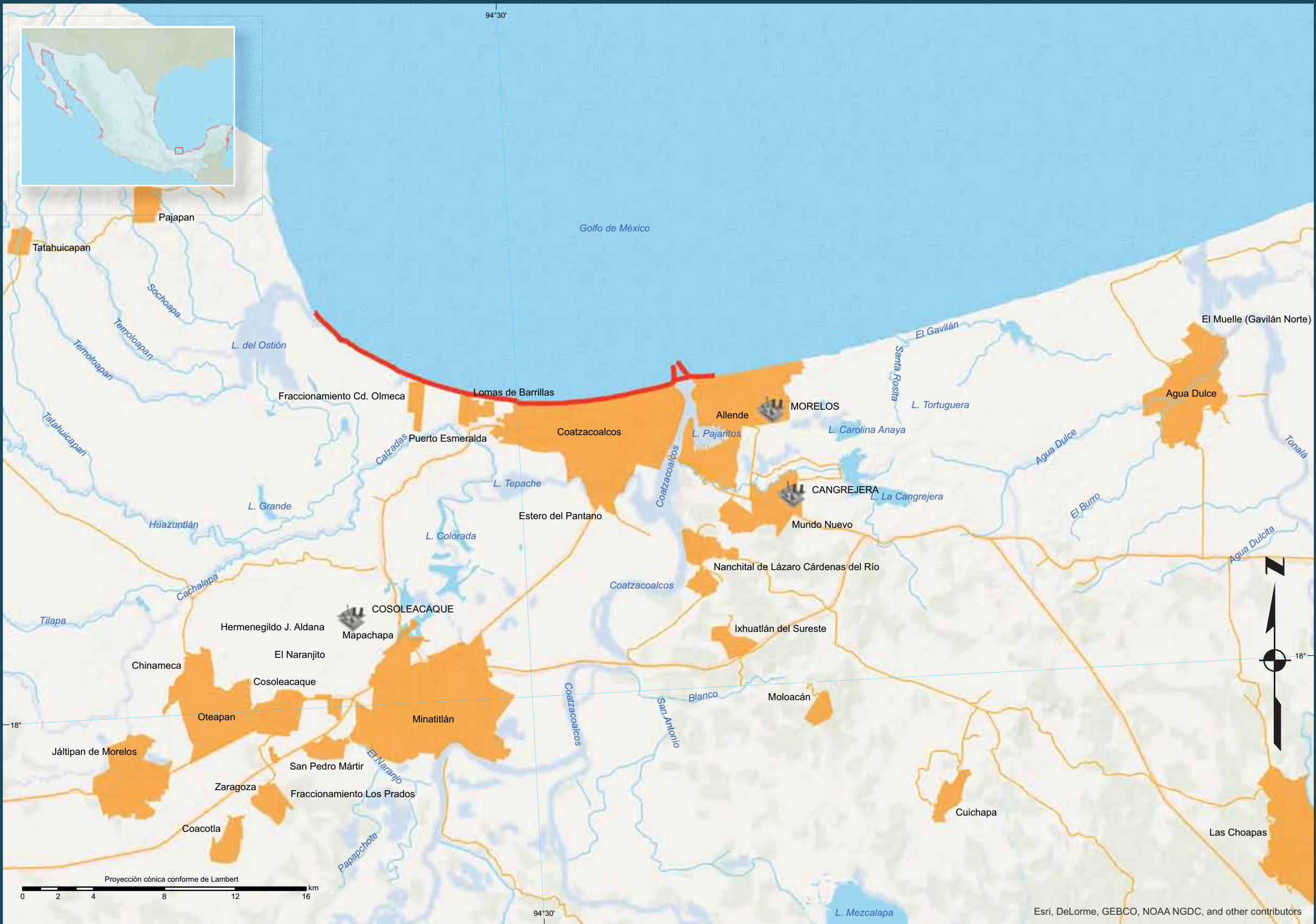
Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejos petroquímicos Cangrejera, Morelos y Cosoleacaque, Ver.

Zonas con peligro por inundaciones pluviales



Infraestructura estratégica	
	Complejo petroquímico
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Peligro de inundación	
Peligro de retorno de 30 años	
	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo

Infraestructura estratégica de PEMEX • Complejos petroquímicos Cangrejera, Morelos y Cosoleacaque, Ver.
Zonas con peligro por erosión costera



Infraestructura estratégica	
	Complejo petroquímico
	Ductos
Otros	
	Zonas urbanas
	Vías de comunicación
	Cuerpos de agua
	Ríos
Dinámica geomorfológica	
	Retroceso de la costa



Los análisis presentados permiten corroborar que las instalaciones petroleras se encuentran altamente expuestas al impacto de fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático y, en consecuencia, a la ocurrencia de desastres por inundaciones, deslaves de laderas, sequías y retroceso de la línea de costa, entre otros.

Por mencionar sólo un ejemplo, más del 50% del territorio mexicano se encuentra en algún grado de peligro por la ocurrencia de inundaciones. De manera más específica, el 65% de la infraestructura petrolera estratégica clasificada como “AAA” se ubica en zonas de alto y muy alto peligro a inundaciones. Una interrupción en su operación afectaría al país entero o a una buena parte, por lo que evitar o reducir un posible daño a esta infraestructura es de suma importancia, ya que constituye un riesgo de desestabilización para la seguridad nacional.

Aun cuando el presente atlas sólo aborda la fase de peligro, es decir, el análisis de un espacio o territorio en relación con la probabilidad de ocurrencia de un cierto fenómeno, es preciso comentar que su valor reside en que proporciona una visión general del peligro que enfrenta el sector petrolero por la ocurrencia de fenómenos extremos asociados al cambio climático, y por lo tanto podría ser útil para establecer o reforzar las políticas internas y estrategias del sector en este tema.

Es evidente que existen diversos desafíos pendientes. Uno de ellos es pasar a la etapa de análisis de vulnerabilidad de cada instalación petrolera, donde se examine su sensibilidad o características intrínsecas y sus capacidades adaptativas, que la hacen más o menos vulnerable y, en consecuencia, entrar a la gestión del riesgo, a través de la cual sea posible identificar las

medidas de adaptación más adecuadas, direccionando de esta forma la aplicación de los recursos disponibles hacia áreas prioritarias con una mayor certeza. Para lo anterior, será necesario fortalecer las metodologías empleadas e incorporar información más detallada, que permita simular con mayor precisión el potencial impacto de un evento hidrometeorológico extremo en un espacio y tiempo determinados.

Otro desafío pendiente es mejorar el análisis de las amenazas, es decir, cómo conocer de mejor manera la intensidad y probabilidad de impacto de un cierto fenómeno. En este sentido, la incorporación de variables de cambio climático se vuelve fundamental para complementar la técnica de análisis de periodos de retorno empleada en este documento. Desafortunadamente y a pesar de los avances alcanzados en el tema del cambio climático, aún existe un alto grado de incertidumbre de los mismos, ya que manejan escalas de análisis muy generales y no consideran plenamente, variables de relieve y corrientes marinas.

Este atlas es la aportación que el Centro Mario Molina pone a disposición de las autoridades correspondientes, y del público en general, con miras a contribuir a un mejor conocimiento de la problemática, en el fortalecimiento de la política pública y del proceso de toma de decisiones del sector petrolero, sobre todo ante los desafíos que plantea la actual Reforma Energética en un entorno de libre competencia.

Bibliografía

APARICIO, F. J. *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores, 1992.

BONIFAZ, R. y I. P. *Metodología para la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos, deslaves y derrumbes en sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad establecidos por la WWF*. México: Centro Mario Molina. 2011. p. 60.

CEPRENAC-PNUD. *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. Guatemala-Suiza: Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2003. p. 101.

CEASG. *Plan estatal hidráulico de Guanajuato 2000-2020*. Fase I: Diagnóstico base de la situación hidráulica del estado de Guanajuato. 1999.

CNA. *Estadísticas del Agua en México*. Situación de los Recursos Hídricos. México: Comisión Nacional del Agua. 2004.

GARCÍA, F., LÓPEZ, G., RAMÍREZ, R. *Principios básicos de refinación*. México: Instituto Mexicano del Petróleo, 2004.

<http://es.scribd.com/doc/73969830/REFINACION-TOTAL> consultado en octubre de 2014.

INAFED. *Enciclopedia de los Municipios de México*. Estado de Nuevo León. Cadereyta Jiménez. México: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2010

INAFED. *Enciclopedia de los Municipios de México*. Estado de Tamaulipas. Ciudad Madero. México: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2010.

INAFED. *Enciclopedia de los Municipios de México*. Estado de Guanajuato. Salamanca. México: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2010.

INAFED. *Enciclopedia de los Municipios de México*. Estado de Veracruz-Llave. Minatitlán. México: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2010.

INAFED. *Enciclopedia de los Municipios de México*. Estado de Oaxaca. Salina Cruz. México: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2010.

INEGI. *Cartografía temática 1:250,000*. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2010.

www.inegi.org.mx

IPCC. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Annex I., M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson. Cambridge University Press, Cambridge, UK, , 2007. 976 p.

IPCC. *Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Contribution of Working Group II to the Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, B.C., Barros, V., Stocker, T. F., Dahe, Q., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K. J., Plattner, G., Allen, S. K., Tignor, M., Midgley, P.M. Cambridge University Press, 2012. 594 p.

UNISDR. *Terminology on disaster risk reduction*. Suiza: International Strategy for Disaster Reduction, 2009.

OROPEZA Orozco, Oralia (comp.). *Atlas regional de impactos derivados de las actividades petroleras en Coatzacoalcos, Veracruz*. SEMARNAT-INE-UNAM-IG, 2010. B.1. Pendiente del terreno, p. 28.

ORTIZ PÉREZ, M.A. Diferenciación geomorfológica de las costas de México. *Nuevo Atlas Nacional de México*. 1ª Edición. México: Instituto de Geografía, UNAM, 2007. ISBN. 978-970-32-5047-9. Sección Naturaleza. Clave del mapa NA III 4. Litoral del Golfo de México y Mar Caribe. Escala 1: 3 600,000. .

PEMEX. *Anuario Estadístico, 2013*. México: Petróleos Mexicanos, 2013.

http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/anuario_estadistico_2013/anuario-estadistico-2013_131014.pdf

PEMEX. *Informe de sustentabilidad, 2013*. México: Petróleos Mexicanos, 2013.

<http://www.pemex.com/informes/pdfs/descargas/InformeSustentabilidad2013.pdf>

PEMEX. *Informe de Responsabilidad social*. México: Petróleos Mexicanos, 2013.

http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/irs2012_130715_01.pdf

SOLDADO, Á. *Inundaciones: ¿Qué es Susceptibilidad?* Foro Virtual de la RIMD para la Capacitación en Teledetección Aplicada a la Reducción del Riesgo por Inundaciones, 2009.

TERÁN, Á. *Elaboración de mapas de periodos de retorno*. México: Centro Mario Molina, 2012. p. 27.

<http://www.ref.pemex.com/octanaje/22salina.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.ref.pemex.com/octanaje/17miguel.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.ref.pemex.com/octanaje/20sala.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.ref.pemex.com/octanaje/23laza.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.ref.pemex.com/octanaje/21ref.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.industriapetroleramexicana.com/tag/refinerias/> consultado en julio de 2014.

[http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+\(CPG\)/](http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+(CPG)/) consultado en julio de 2014.

<http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28C%29/La+Venta.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28C%29/Area+Coatzacoalcos.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28C%29/SProdCactus.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28C%29/Ciudad+Pemex.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28C%29/SProdNuevoPemex.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28C%29/Reynosa.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.sener.gob.mx/res/204/GLOSARIO%20DE%20TERMINOS%20PETROLEROS%202013.pdf> consultado en julio de 2014.

http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario_hc_es.pdf consultado en julio de 2014.

http://www.sener.gob.mx/res/86/Petroquimica_final.pdf consultado en agosto de 2014.

<http://www.ptq.pemex.com.mx/AcercaPPQ/Paginas/default.aspx> consultado en agosto de 2014.

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aEnMZMJ_szAJ:www.contactopyme.gob.mx/agrupamientos/Documentos/Capitulos/VERPETC1.DOC+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx consultado en septiembre de 2014.

<http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+%28C%29/Reynosa.htm> consultado en julio de 2014.

<http://www.sener.gob.mx/res/204/GLOSARIO%20DE%20TERMINOS%20PETROLEROS%202013.pdf> consultado en julio de 2014.

http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario_hc_es.pdf consultado en julio de 2014.

http://www.sener.gob.mx/res/86/Petroquimica_final.pdf consultado en agosto de 2014.

<http://www.ptq.pemex.com.mx/AcercaPPQ/Paginas/default.aspx> consultado en agosto de 2014.

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aEnMZMJ_szAJ:www.contactopyme.gob.mx/agrupamientos/Documentos/Capitulos/VERPETC1.DOC+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx consultado en septiembre de 2014.

Glosario

Adaptación: Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

Batería de separación: Una serie de plantas o equipos de producción trabajando como una unidad. Se emplea para separar los componentes líquidos de los gaseosos en un sistema de recolección. Los separadores pueden ser verticales, horizontales y esféricos. La separación se lleva a cabo principalmente por acción de la gravedad y centrífugación.

Cambio climático: Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.

Campo: Área geográfica en la que un número de pozos de petróleo y gas producen de una misma reserva probada. Un campo puede referirse únicamente a un área superficial o a formaciones subterráneas. Un campo sencillo puede tener reservas separadas a diferentes profundidades.

Capacidad de producción: La cantidad de producto que puede ser elaborado por una planta de acuerdo a las instalaciones de proceso.

Complejo: Término utilizado en la industria petrolera para referirse a la serie de campos o plantas que comparten instalaciones superficiales comunes.

Ducto: Tuberías conectadas, generalmente enterradas, que se emplean para transportar petróleo crudo, gas natural, productos petrolíferos o petroquímicos utilizando como fuerza motriz elementos mecánicos, aire a presión, vacío o gravedad.

Estaciones de bombeo: Estaciones en las que se aumenta la presión en los ductos, a fin de que el producto fluya hasta alcanzar su destino final en forma homogénea.

Estación de compresión: Estación localizada entre 60 y 80 km a lo largo de un gasoducto y su operación consiste en recomprimir el gas para mantener su presión y flujos específicos.

Exploración petrolera: Conjunto de actividades de campo y de oficina cuyo objetivo principal es descubrir nuevos depósitos de hidrocarburos o extensiones de los existentes.

Fenómenos meteorológicos extremos: Fenómeno meteorológico atípico en términos de su distribución estadística de referencia para un lugar determinado.

Gasoducto: Ducto usado para el transporte de gas.

Instalaciones Estratégicas “A”: Son aquellas cuya afectación o interrupción del proceso normal de operación, repercute solo en perímetros geográficos y poblacionales reducidos, sin que ello atente contra la estabilidad de la nación de manera directa y/o inmediata.

Instalaciones Estratégicas “AA”: Son aquellas cuya interrupción del proceso normal de operación afecta a extensas e importantes zonas geográficas de la nación y no representa un riesgo directo y/o inmediato de desestabilización para el país (nivel regional).

Instalaciones Estratégicas “AAA”: Son aquellas cuya afectación o interrupción del proceso normal de operación, afecta en su totalidad o bien a extensas e importantes zonas geográficas de la nación, e implica un riesgo desestabilizador directo y/o inmediato para la seguridad nacional (nivel nacional y/o internacional).

Oleoducto: Ducto usado para el transporte de crudo.

Peligro: se refiere a la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por el hombre, que puede manifestarse en un lugar específico con una intensidad y dirección determinada.

PEP: Siglas con las que se conoce al organismo PEMEX Exploración y Producción.

Periodo de Retorno: Es el tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a cierta magnitud.

Petróleo: Mezcla que se presenta en la naturaleza compuesta predominantemente de hidrocarburos en fase sólida, líquida o gaseosa; denominando al estado sólido betún natural, al líquido petróleo crudo y al gaseoso gas natural, esto a condiciones atmosféricas.

PGPB: Siglas con las que se conoce al organismo PEMEX Gas y Petroquímica Básica

Precipitación: Partículas de agua líquida o sólida que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, su unidad de medida se da en milímetros (mm).

Poliducto: Ducto usado para el transporte de productos petrolíferos y petroquímicos.

Pozo: Perforación para el proceso de búsqueda o producción de petróleo crudo, gas natural o para proporcionar servicios relacionados con los mismos. Los pozos se clasifican de acuerdo a su objetivo y resultado como: pozos de aceite y gas asociado, pozos de gas seco y pozos inyectoros.

PPQ: Siglas con las que se conoce al organismo PEMEX Petroquímica.

PR: Siglas con las que se conoce al organismo PEMEX Refinación.

Refinería: Centro de trabajo donde el petróleo crudo se transforma en sus derivados. Esta transformación se logra mediante los procesos de: destilación atmosférica, destilación al vacío, hidrodesulfuración, desintegración térmica, desintegración catalítica, alquilación y reformación catalítica entre otros.

Sequía: Es un lapso caracterizado por un prolongado y anormal déficit de humedad.

Terminal de Almacenamiento y Distribución: Conjunto de instalaciones destinadas al recibo, almacenamiento, entrega y distribución de productos derivados del petróleo. Generalmente abastece a su zona, sin embargo, también puede apoyar a abastecer otras zonas, dependiendo del tamaño de la instalación. Existen varias terminales localizadas a lo largo del país y éstas pueden ser marítimas o terrestres. Las TAD se localizan en puntos estratégicamente seleccionados, por razones de demanda, configuración geográfica y vías de comunicación.

Vulnerabilidad: Es el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos.

Nomenclatura de unidades usadas en el Sector Energético

Volumen (líquidos)	
Unidad	Descripción
b	barriles
bd	barriles diarios
Mb	miles de barriles
Mbd	miles de barriles diarios
MMb	millones de barriles
MMbd	millones de barriles diarios
m³	metros cúbicos
m³d	metros cúbicos diarios
Mm³	miles de metros cúbicos
Mm³d	miles de metros cúbicos diarios
MMm³	millones de metros cúbicos
l	litros
gal	galones

Volumen de (gases)	
Unidad	Descripción
m³G	metros cúbicos gaseosos
m³Gd	metros cúbicos gaseosos diarios
Mm³G	miles de metros cúbicos gaseosos
Mm³Gd	miles de metros cúbicos gaseosos diarios
MMm³G	millones de metros cúbicos gaseosos
MMm³Gd	millones de metros cúbicos gaseosos diarios
pc	pies cúbicos
pcd	pies cúbicos diarios
Mpc	miles de pies cúbicos
Mpcd	miles de pies cúbicos diarios
MMpc	millones de pies cúbicos
MMpcd	millones de pies cúbicos diarios
MMMpc	miles de millones de pies cúbicos

Peso

Unidad	Descripción
t	toneladas
td	toneladas diarias
Mt	miles de toneladas
Mtd	miles de toneladas diarias
tl	toneladas largas
tc	toneladas cortas
kg	kilogramos
lb	libras



**Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos
sobre Energía y Medio Ambiente, A.C.**

Primera edición digital, noviembre 2014.

Prolongación Paseo de los Laureles N° 458,
Despacho 406, Col. Bosques de las Lomas,
Cuajimalpa, C.P. 05120, México, D. F.

Tel. +52 (55) 9177.1670

www.centromariomolina.org

Esta publicación es propiedad del Centro Mario Molina para
Estudios Estratégicos Sobre Energía y Medio Ambiente.

Está permitida su distribución y reproducción parcial o
total con fines académicos o de investigación,
previa autorización del Centro.



**Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos
sobre Energía y Medio Ambiente, A.C.**

Prolongación Paseo de los Laureles N° 458,
Despacho 406, Col. Bosques de las Lomas,
Cuajimalpa, C.P. 05120, México, D. F.
Tel. +52 (55) 9177.1670

www.centromariomolina.org