

ATLAS REGIONAL DE IMPACTOS DERIVADOS DE LAS ACTIVIDADES PETROLERAS EN COATZACOALCOS, VERACRUZ

ANIA MENDOZA CANTÚ

Coordinadora institucional

SILKE CRAM HEYDRICH Coordinadora académica

IRENE SOMMER CERVANTES Y ORALIA OROPEZA OROZCO Compiladoras



ATLAS REGIONAL DE IMPACTOS DERIVADOS DE LAS ACTIVIDADES PETROLERAS EN COATZACOALCOS, VERACRUZ

Ania Mendoza Cantú
Coordinadora institucional

Silke Cram Heydrich
Coordinadora académica

José Luis Pérez Damián
Edición cartográfica

Irene Sommer Cervantes y Oralia Oropeza Orozco
Compiladoras

Mayelli Hernández Juárez
Elaboración y diseño cartográficos

Revisora: Atlántida Coll-Hurtado, IGg, UNAM

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Instituto Nacional de Ecología

Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Geografía

D.R. © Primera edición: 2010

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209. Col. Jardín Mark Rothko es de la Montaña
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.
www.semarnat.gob.mx

Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)
Periférico sur 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco
04530. México, D.F.
www.ine.gob.mx

Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Geografía
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán
04510. México, D.F.
www.igeograf.unam.mx

COORDINACIÓN EDITORIAL Y FORMACIÓN: Raúl Marcó del Pont Lalli
DISEÑO DE INTERIORES Y PORTADA: Álvaro Figueroa
FOTO DE LA PORTADA: José María Casado
EDICIÓN PARA INTERNET: Susana Escobar Maravillas

ISBN: 978-607-7908-15-9
Impreso y hecho en México • *Printed in Mexico*

ÍNDICE

| | | | | | | | |
|--|----|--|----|--|----|---|-----|
| PRÓLOGO | 5 | B.3. REGIONALIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA | 31 | C.2. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y TASA DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL POR LOCALIDAD | 79 | D.3. VULNERABILIDAD DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO | 102 |
| INTRODUCCIÓN | 7 | <i>Mario Arturo Ortiz Pérez y Oralia Oropeza Orozco</i> | | <i>María Teresa Sánchez Salazar y Norma Martínez Laguna</i> | | <i>Norma Martínez Laguna y María Teresa Sánchez Salazar</i> | |
| <i>Irasema Alcántara Ayala</i> | | B.4. UNIDADES DE SUELOS DOMINANTES | 35 | C.3. TOTAL DE INMIGRANTES RECIENTES Y TASA DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL (%) POR LOCALIDAD | 83 | D.4. VULNERABILIDAD, ESCENARIO COMPUESTO | 106 |
| METODOLOGÍA | 10 | <i>Irene Sommer Cervantes, Silke Cram Heydrich y Oralia Oropeza Orozco</i> | | <i>María Teresa Sánchez Salazar y Norma Martínez Laguna</i> | | <i>Irene Sommer Cervantes, Oralia Oropeza Orozco y Silke Cram Heydrich</i> | |
| <i>Irene Sommer Cervantes</i> | | B.5. CLIMAS | 39 | C.4. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA) SEGÚN SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA POR LOCALIDAD | 86 | D.5. DENSIDAD DE DUCTOS DE PEMEX POR GEOSISTEMAS | 109 |
| A. INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL DE PEMEX | 14 | <i>Oralia Oropeza Orozco</i> | | <i>María Teresa Sánchez Salazar y Norma Martínez Laguna</i> | | <i>Oralia Oropeza Orozco y Mayelli Hernández Juárez</i> | |
| <i>María Teresa Sánchez Salazar y Norma Martínez Laguna</i> | | B.6. DETECCIÓN DE CAMBIO DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN | 41 | C.5. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y GRADO DE MARGINACIÓN POR LOCALIDAD | 90 | E.1. INFRAESTRUCTURA VIAL PARA RUTAS DE EVACUACIÓN | 112 |
| A.1. MAPA TOPOGRÁFICO | 18 | <i>Raúl Aguirre y Olivia Salmerón</i> | | <i>María Teresa Sánchez Salazar y Norma Martínez Laguna</i> | | <i>Luis Chias Becerril, Lourdes Hermosillo Plascencia y Héctor Reséndiz López</i> | |
| <i>José Antonio Quintero Pérez y Mayelli Hernández Juárez</i> | | B.7.A. REGISTRO DE GÉNEROS FLORÍSTICOS POR MUNICIPIO / | 45 | C.6. GRADO DE MARGINACIÓN DE LA POBLACIÓN POR ÁREA GEOESTADÍSTICA BÁSICA (AGEB) URBANA | 93 | GLOSARIO | 116 |
| A.2. LAS FORMAS DEL TERRENO A TRAVÉS DEL SOMBREADO DEL RELIEVE | 20 | <i>Gustavo Carmona Díaz y Saúl Hernández Carmona</i> | | <i>María Teresa Sánchez Salazar y Norma Martínez Laguna</i> | | AGRADECIMIENTOS | 119 |
| <i>José Antonio Quintero Pérez y Mayelli Hernández Juárez</i> | | B.7.B. REGISTRO DE GÉNEROS DE VERTEBRADOS POR MUNICIPIO | 53 | D.1. VULNERABILIDAD DEL MEDIO BIOLÓGICO | 96 | | |
| A.3. IMAGEN SPOT | 22 | <i>Jorge E. Morales-Mávil y Emilio A. Suárez-Domínguez</i> | | <i>Irene Sommer Cervantes, Oralia Oropeza Orozco y Silke Cram Heydrich</i> | | | |
| <i>José Antonio Quintero Pérez y Mayelli Hernández Juárez</i> | | B.8. GEOSISTEMAS | 66 | D.2. VULNERABILIDAD DEL MEDIO FÍSICO | 99 | | |
| A.4. IMAGEN LANDSAT | 24 | <i>Oralia Oropeza Orozco, Norma Martínez Laguna y Mayelli Hernández Juárez</i> | | <i>Irene Sommer Cervantes, Oralia Oropeza Orozco, Mario Arturo Ortiz Pérez y Silke Cram Heydrich</i> | | | |
| <i>Raúl Aguirre Gómez y Olivia Salmerón García</i> | | C.1. CAPACIDAD INSTALADA Y PRODUCCIÓN DE PETROLÍFEROS Y PETROQUÍMICOS | 73 | | | | |
| B.1. PENDIENTE DEL TERRENO | 26 | <i>María Teresa Sánchez Salazar y Norma Martínez Laguna</i> | | | | | |
| <i>Oralia Oropeza Orozco</i> | | | | | | | |
| B.2. GEOLOGÍA | 29 | | | | | | |
| <i>Mario Arturo Ortiz Pérez</i> | | | | | | | |

PRÓLOGO

En México la industria petrolera ocupa uno de los principales lugares de importancia por los beneficios económicos que genera; sin embargo, sus actividades son también una fuente notable de contaminantes que pueden ocasionar daños significativos al medio ambiente. Esta industria, entre su vasta infraestructura, cuenta con una amplia red de ductos para la distribución y conducción de productos petroleros que se distribuye a todo lo largo del país y que atraviesa importantes zonas urbanas, industriales, agropecuarias y naturales. Las fallas en el mantenimiento y operación de los ductos, el manejo inadecuado de algunos materiales y las tomas clandestinas ocasionan de manera frecuente fugas y derrames de estos compuestos en muchas regiones del país, sobre todo en el sureste de México donde se concentra la mayor producción de petróleo.

De acuerdo a los dictámenes emitidos por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, los productos del petróleo, como la gasolina, el diesel y otros hidrocarburos, fueron los principales contaminantes librados durante las emergencias ambientales ocurridas en el período de 2003 a 2006. El petróleo crudo ocupó el cuarto lugar de los contaminantes más frecuentemente emitidos, con un reporte de 92 emergencias de un total de 749. En 2003, las fugas

en ductos (de petróleo y productos similares) fueron las emergencias ambientales más frecuentes (más de 100 casos), seguidas de las volcaduras de carros tanque (63 casos); sin embargo, para los siguientes tres años este patrón se invirtió y las fugas en ductos se ubicaron en una segunda posición (menos de 60 casos por año). Con relación a la ubicación de las emergencias, el estado de Veracruz fue el más afectado, con 117 incidentes, seguido de los estados de Tamaulipas (75), Oaxaca (69), Hidalgo (54) y Puebla (50). Estas cinco entidades concentraron casi el 50% de las emergencias

ocurridas entre 2003 y 2006 (Blanno y Ruiz-Saucedo, 2007).

Ante la incidencia frecuente de derrames de hidrocarburos en nuestro país y considerando que estos eventos pueden constituir un amenaza para los ecosistemas, la salud de los pobladores y las actividades económicas que se desarrollan en las zonas aledañas a las instalaciones petroleras, el Instituto Nacional de Ecología, a través de un convenio de colaboración con el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, inició en 2007 un proyecto

de investigación que permitiera conceptualizar este problema a escala nacional y detallar su análisis a escalas locales, mediante la implementación de una metodología para identificar sitios ambientalmente sensibles a estas emergencias ambientales (Cram *et al.*, 2007).

Como primera etapa de este proyecto, durante el 2007, se desarrolló la propuesta de dicha metodología a través de un estudio piloto en la región de Coatzacoalcos, Veracruz, que comprende los municipios de Coatzacoalcos, Nanchital de Lázaro



Anochecer en el río Coatzacoalcos, al fondo la ciudad de Allende (cortesía de José María Casado)

Cárdenas del Río, Ixhuatlán del Sureste, Agua Dulce, Cosoleacaque y la parte norte de los municipios de Minatitlán y Moloacán (con una superficie total de 1776 km²). Esta región fue seleccionada considerando la alta densidad de instalaciones petroleras que alberga, en particular de ductos; la diversidad de ecosistemas que presenta, incluyendo a los humedales y los manglares reconocidos como prioridad en las políticas de conservación del gobierno federal; la variedad de actividades económicas que se desarrollan en ella y su compleja dinámica socioeconómica, derivada del desarrollo petrolero y de otras características específicas de dicha región.

En la metodología propuesta se plantea evaluar el riesgo ambiental como una función que relaciona una amenaza, en este caso los derrames de petróleo crudo de ductos, con la vulnerabilidad de la zona. Esta última se define mediante las características intrínsecas de una zona que la hacen susceptible de ser alterada por los derrames. La vulnerabilidad se evaluó con base en el comportamiento esperado de los derrames de petróleo en zonas sujetas o no a la influencia de las variaciones

de los niveles de agua superficiales, definiéndose cinco niveles. De esta forma, los niveles de vulnerabilidad muy alto y alto correspondieron a las zonas de influencia de los cuerpos de agua bajo condiciones de carga hidráulica normal y extrema, respectivamente. Por su parte, los restantes niveles de vulnerabilidad (medio, bajo y muy bajo) se definieron para zonas con muy baja probabilidad de inundación, y tomando como base la descripción de sus características físicas (pendiente/relieve y permeabilidad) biológicas (riqueza, singularidad y fragmentación de los ecosistemas) y socioeconómicas (índice de marginalidad e índice de actividad económica). Las unidades básicas de análisis fueron los geosistemas, es decir aquellas unidades de terreno que funcionan como un sistema de relaciones homogéneas entre la naturaleza, la sociedad y la economía. Las características de cada uno de ellos fueron comparadas y jerarquizadas para definir su nivel relativo de vulnerabilidad.

Esta metodología permitirá tomar medidas preventivas, como la priorización de las líneas y transectos de la red de ductos que deben ser mantenidas y vigiladas

para evitar derrames; así como lograr una atención más adecuada de estas emergencias, identificando las zonas donde los impactos a los recursos naturales y a las actividades socioeconómicas pudieran ser más relevantes.

El presente atlas muestra gran parte de la información que fue recabada, sistematizada y analizada durante el desarrollo de la metodología antes mencionada, por ello los mapas y textos que contiene están enfocados a exponer los rasgos físicos, biológicos y socioeconómicos que definen la vulnerabilidad de esta región ante posibles derrames de petróleo.

Este documento está dirigido a todos aquellos investigadores, estudiantes o público general que deseen conocer o consultar algunas de las características geográficas más relevantes de la región de Coatzacoalcos, Veracruz, con especial énfasis en las actividades petroleras que se desarrollan en ella.

Para todos los mapas presentados se incluye un texto que explica los antecedentes del tema en cuestión, las fuentes de información consultadas y la descripción detallada de rasgos mostrados en cada caso.

REFERENCIAS

- Blanco M. y U. Ruiz Saucedo. 2007. Anexo 1: Análisis estadístico de las emergencias ambientales en suelos mexicanos durante el periodo 2003-2006. Proyecto GTZ-SEMARNAT: Residuos peligrosos y sitios contaminados. Informe final. México. (No publicado).
- Cram, S., R. Aguirre, M. Hernández, N. Martínez, O. Oropeza, J. A. Quintero, O. Salmerón, I. Sommer, M. A. Ortiz y T. Sánchez. 2007. Elaboración de una Metodología para la Identificación de Sitios Ambientalmente Sensibles a los Efectos por Derrames de Hidrocarburos (INE/A1-009/2007). Informe final. Instituto Nacional de Ecología e Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Ania Mendoza Cantú
Instituto Nacional de Ecología

INTRODUCCIÓN

*Irasema Alcántara Ayala*¹

La evolución económica de México a lo largo del siglo XX y el inicio del XXI ha estado vinculada al desarrollo de su sector energético y, básicamente, al de la industria del petróleo y del gas natural, la cual, a partir del decreto expropiatorio de 1938, opera bajo la dirección de Petróleos Mexicanos (PEMEX), organismo público descentralizado cuyas actividades abarcan la exploración, explotación y venta de hidrocarburos (petróleo y gas natural), así como la producción, almacenamiento, distribución y comercialización de productos petrolíferos y petroquímicos.

PEMEX es la empresa más grande de México y se sitúa entre las diez compañías petroleras más importantes del mundo, tanto en términos de activos como de ingresos. Al 1° de enero de 2006 fue la tercera empresa a nivel mundial en la producción de petróleo crudo y la octava en la producción de gas natural; en materia de reservas probadas (a nivel país) ocupó el lugar 17 en petróleo y la posición 35 en gas natural. Por sus exportaciones petroleras (1.817 millones de barriles diarios (mbd)), México se ubicó en el octavo lugar mundial; dichas exportaciones se dirigieron principalmente hacia EUA (1.442 mbd) y Europa (0.1708 mbd) (BP, 2006; PEMEX, 2007).

¹Directora del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. igg_unam@igg.unam.mx.



Manglar Botoncillo (*Conocarpus erectus*) y palmares en el borde de la laguna de Oxtón (cortesía de José María Casado)

Su importancia económica en el conjunto de las empresas del país y su carácter de segunda compañía petrolera mundial (por sus mayores utilidades antes de impuestos en 2005 y 2006), le han otorgado una posición estratégica a nivel nacional desde el punto de vista energético, social, como fuente de divisas internacionales y por su participación en los ingresos públicos.

Desde sus inicios a principios del siglo XX, y a todo lo largo de su desarrollo hasta el momento actual, la industria petrolera mexicana se ha integrado territorialmente como un complejo económico estructurado horizontal y verticalmente. Este complejo está integrado por campos de petróleo y gas natural tanto en tierra como en la plataforma continental del Golfo de México, especialmente en el Golfo de Campeche, los cuales se

conectan con la infraestructura industrial de PEMEX (refinerías, centros procesadores de gas, complejos y unidades petroquímicas) y de las empresas privadas, los centros de almacenamiento, las terminales marítimas, las agencias de ventas, los puntos fronterizos y las áreas industriales consumidoras del país, mediante una diversificada y compleja red de ductos que conforma sistemas troncales y regionales.

La complejidad física y territorial de esta industria necesariamente va asociada a la amenaza que sus diversas instalaciones representan para los ecosistemas, los asentamientos humanos, la población y sus actividades económicas, en caso de presentarse una contingencia asociada al derrame de petróleo crudo, productos petrolíferos o petroquímicos a partir de los ductos que integran los sistemas antes mencionados.

Entre las áreas que destacan a nivel nacional por la cantidad y diversidad de instalaciones de la industria petrolera se encuentra la región de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, la cual abarca los municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán, Cosoleacaque, Nanchital e Ixhuatlán del Sureste. Por el desarrollo de una economía industrial basada en los hidrocarburos, esta región tuvo un crecimiento demográfico importante que afectó a sus principales centros urbanos, en especial a partir del decenio de 1960, pero sobre todo durante los años 1970; de ahí que la industrialización regional haya ido aparejada de importantes concentraciones urbanas en el centro, norte y noroeste de la zona, las cuales contrastan con el gran número de asentamientos rurales ubicados en forma dispersa, preferentemente hacia el sur, este y sureste de la misma.

Al mismo tiempo, en esta región se presentan condiciones ambientales cuyas características la convierten en un espacio integrado por ecosistemas diversos de gran fragilidad y vulnerabilidad, dada la notoria concentración de instalaciones petroleras y de asentamientos humanos.

De ahí la importancia de conocer la ubicación geográfica de la industria petrolera en la región de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, y sus relaciones geográficas con las características del medio natural y del medio socioeconómico, con el fin de identificar la distribución espacial de los niveles de vulnerabilidad de los diversos geosistemas que constituyen la región bajo estudio.

Por lo anterior, el Instituto Nacional de Ecología en colaboración con el Instituto de Geografía de la

Universidad Nacional Autónoma de México, ha realizado un estudio para generar una propuesta metodológica para la identificación de sitios ambientalmente sensibles a la ocurrencia de derrames de hidrocarburos, específicamente de petróleo crudo a partir de ductos. Esta investigación, como fase inicial de un proyecto de largo alcance, consistió en un estudio piloto realizado en la región de Coatzacoalcos, Veracruz, una zona altamente influenciada por las actividades petroleras y los derrames asociados. Se prestó particular atención a que el producto fuera lo más versátil y útil posible, considerando las sugerencias de diferentes instituciones y entidades involucradas en la atención de este tipo de eventos.

Para cumplir con este objetivo fue necesario establecer un marco conceptual y definir los términos básicos, específicamente los referentes al riesgo, la amenaza y la vulnerabilidad o sensibilidad ambiental. En el consenso de la investigación internacional, se considera al riesgo como la integración de dos componentes principales: la amenaza y la vulnerabilidad, y una de las fórmulas que se manejan con más frecuencia es la siguiente:

$$\text{Riesgo} = f(\text{Amenaza, Vulnerabilidad})$$

Donde: f es una función que depende del problema analizado.

AMENAZA

Se define como la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o antropogénico con cierto grado de severidad que, por sus características, dimensión, ubicación geográfica; así como por su potencialidad (posibilidad o probabilidad de ocurrir), puede causar daño a la población, sus bienes y el entorno.

En este estudio, la amenaza se refiere a los derrames de petróleo crudo de ductos, fenómeno de origen tecnológico o físicoquímico que impacta

negativamente al ambiente y afecta a la población humana. La amenaza se puede calcular en términos de probabilidad si se cuenta con datos de la frecuencia histórica de estos fenómenos en un determinado lugar (y entonces también se designa como peligrosidad). Algunos autores manejan los términos amenaza y peligro como sinónimos y los definen como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso en un tiempo y espacio dados.

VULNERABILIDAD

El concepto de vulnerabilidad se utiliza en numerosos ámbitos y en diferentes niveles espaciales; tiene tantos significados como especialistas los han determinado. Es frecuente encontrar términos como sensibilidad, marginalidad, fragilidad, susceptibilidad y debilidad; o sus procesos opuestos, resistencia, resiliencia y capacidad de amortiguación, para referirse a la vulnerabilidad.

En el contexto que nos ocupa, la vulnerabilidad ambiental frente a un derrame de hidrocarburo (HC) depende de la intensidad de afectación y del tiempo que debe transcurrir para que los efectos indeseables lleguen a deteriorar las funciones propias de un ecosistema particular. Desde la perspectiva socioeconómica, la vulnerabilidad se reconoce como la susceptibilidad de que una persona o un asentamiento humano puedan sufrir un daño y tener dificultad de recuperarse de ello. En otras palabras, indica qué tan proclive es un sistema a los daños que pueda causar el impacto de un fenómeno peligroso.

La vulnerabilidad no es una característica de un objeto físico susceptible de medición. Se le considera una cualidad que involucra necesariamente una percepción o juicio de valor. Esto le resta objetividad a los resultados emitidos y por tanto a las propuestas o decisiones que de ellos deriven. Los estudios y esfuerzos se han dirigido a subsanar este problema de la mejor manera posible.

Una alternativa prometedora y de amplia aceptación ha sido el uso del procedimiento de jerarquización

analítica (PJA o AHP por sus siglas en inglés), mediante el cual se pueden evaluar una serie de opciones, con el fin de ordenarlas conforme a una serie de cualidades o variables cuya relación con el objetivo perseguido es muy estrecha. Si se desea, la secuencia obtenida puede subdividirse en categorías de interés si incluye muchos elementos alternativos.

La aceptación de este procedimiento se debe principalmente a que pueden considerarse indistintamente tanto variables cualitativas como cuantitativas; si se requiere, puede considerarse el criterio de los diversos actores involucrados en un problema dado. Las operaciones matemáticas son rápidas y sencillas y se complementa con un cálculo del índice de inconsistencia que permite establecer si los valores asignados en las comparaciones están demasiado sesgados. La descripción detallada de la metodología se presenta más adelante.

Las unidades de evaluación espacial seleccionadas fueron los geosistemas que, a través de la metodología propuesta, se asignaron a 5 categorías de vulnerabilidad ambiental desde I = muy alta, hasta V = muy baja.

Los mapas de vulnerabilidad (D.1, D.2, D.3 y D.4) incluidos en este atlas muestran los resultados obtenidos. En ellos queda de manifiesto que las zonas más vulnerables están determinadas por la dinámica del agua y corresponden a los bajos asociados a las corrientes de agua principales de la zona, mismos que albergan los manglares y humedales, los recursos bióticos más valiosos por importancia ecológica para preservar las zonas de transición marino-terrestres y por su distribución limitada en nuestro país. Estos ecosistemas están seriamente amenazados en la zona de estudio, tanto por los posibles derrames de hidrocarburos como por otros procesos antropogénicos, que incluyen la elevada tasa de urbanización y los asentamientos humanos irregulares que carecen de servicios básicos.

El 35% del total del área analizada correspondió a los niveles de vulnerabilidad muy alta (I) y alta (II). Éstos incluyen zonas en las que los derrame (dependiendo

de su magnitud y duración) podrían dispersarse rápida y ampliamente, afectando no sólo a ríos y lagunas que formen parte de su trayectoria sino a los geosistemas asociados, específicamente los humedales (incluyendo manglares), por lo que la atención del evento en estas zonas deberá ser inmediata y eficiente.

La vulnerabilidad media (III) cubre un 15% del área total e incluye a la selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria que, si bien tiene una distribución muy dispersa en la zona, hay fragmentos que se encuentran en buen estado de recuperación. Este geosistema parece ser especialmente vulnerable debido a la gran cantidad de pozos petroleros e

infraestructura asociada que alberga y a la irregularidad de su relieve con carencia de accesos rápidos y directos, lo cual dificulta o retrasa la atención de una eventual emergencia.

La vulnerabilidad baja (IV) agrupó tres geosistemas: la planicie acumulativa costera (campos de dunas), las costas acumulativas (playas arenosas) y la agricultura de temporal con cultivos anuales, cubriendo el 13% del área estudiada. En ellos se manifiesta claramente el efecto físico de la permeabilidad (dunas y playas) que facilitan la penetración de los HC, haciéndolos más difíciles de limpiar y demandando sistemas más drásticos para remover los remanentes.

La vulnerabilidad muy baja (V) abarcó el 33% del total del área estudiada e indica los espacios más resistentes a los efectos de un derrame de petróleo crudo. Incluye los geosistemas: mixto, los pastizales cultivados e inducidos, la agricultura de humedad, cultivos semipermanentes y permanentes, y los cultivos permanentes. Representa el grupo de agro-ecosistemas, por lo que la dependencia de la producción de la tierra es lo que determina su vulnerabilidad.

La propuesta metodológica aquí vertida es susceptible de aplicarse a otros productos diferentes al petróleo crudo, otro tipo de transportes diferentes a los ductos, otro tipo de efectos diferentes a los derrames, lo que

permitirá ir delineando una herramienta más eficiente y completa.

La utilidad de los productos generados queda en función de la actualización periódica de la información que los conforma, así como del enriquecimiento que aporten las sugerencias de los usuarios de los mismos.

REFERENCIAS

- British Petroleum (BP). 2006. *Statistical Review of World Energy 2006*. British Petroleum, Gran Bretaña.
- Petróleos Mexicanos (PEMEX). 2007. *Anuario Estadístico, 2007*. PEMEX, México.

METODOLOGÍA

Irene Sommer Cervantes¹

La metodología propuesta está fuertemente orientada a la preservación de los recursos naturales (variables biológicas) a partir de la condición actual de los geosistemas encontrados; así como a evaluar o predecir la gravedad del derrame de hidrocarburo (HC) con el fin de hacer más eficiente su atención (variables físicas).

Como parte del desarrollo de esta metodología se adoptó un esquema de clasificación de cinco niveles de vulnerabilidad (muy alta, alta, media, baja y muy baja) y se estableció una estrategia general que se presenta de manera sinóptica en la figura 1. Dicha estrategia consistió en la asignación *a priori* a la categoría de vulnerabilidad muy alta (I) de los asentamientos humanos con más de 15 000 habitantes (Coatzacoalcos, Allende, Minatitlán, Nanchital, Cosoleacaque y Agua Dulce), que cubren en total una superficie aproximada de 93 km² (5% del total del área de estudio); y de las zonas declaradas como áreas naturales protegidas, que incluyen a La Alameda (con categoría de reserva ecológica, con una superficie de aproximadamente 865 ha) y a Jaguaroundí (también con categoría de reserva ecológica pero privada, cuya superficie es de 960 ha), ambas se localizan en el municipio de Coatzacoalcos. Posteriormente, se llevaron

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. irenes@igg.unam.mx

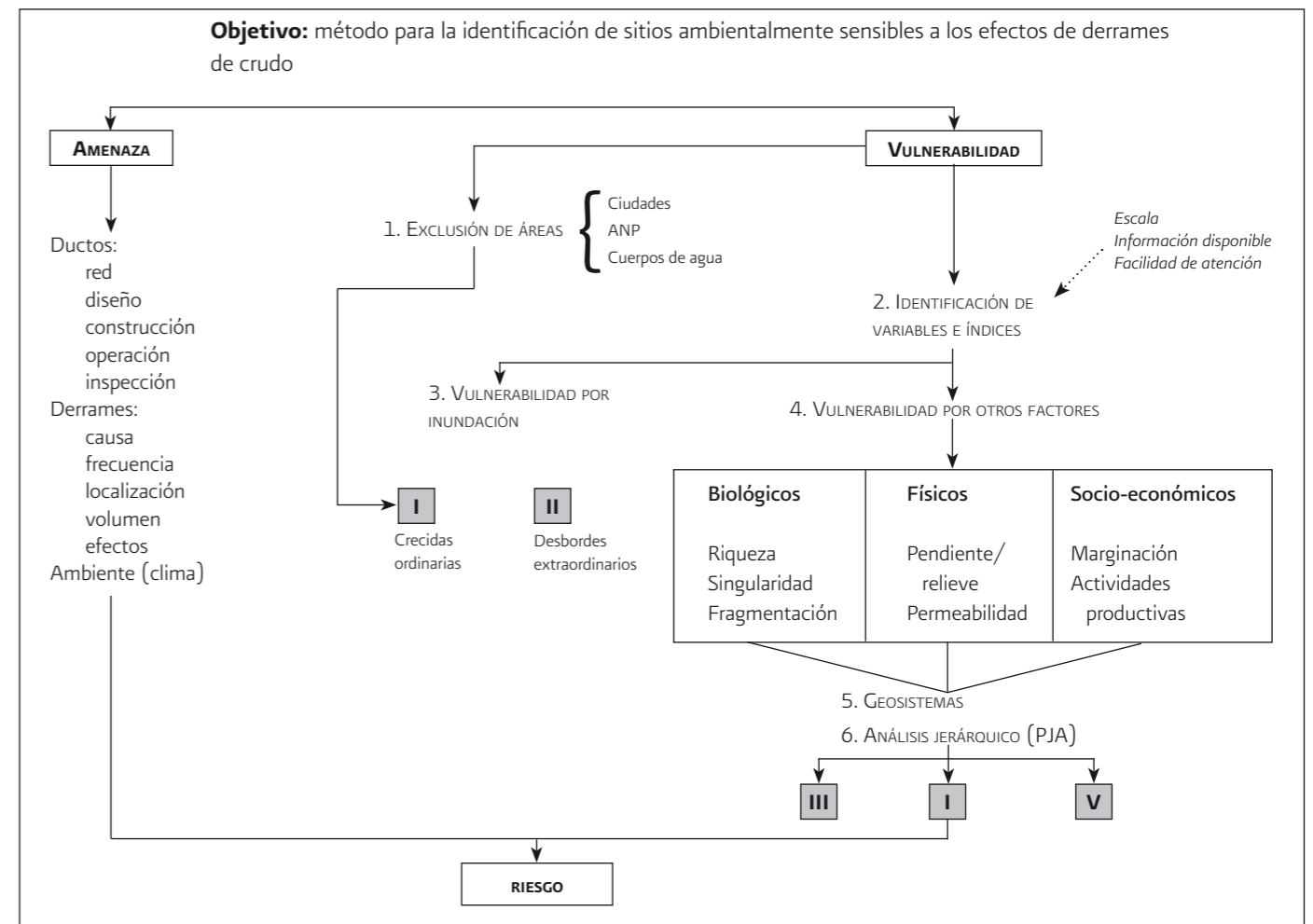
a cabo evaluaciones independientes de vulnerabilidad en el área con mayor probabilidad de inundación y en el área con poca o ninguna probabilidad de inundación.

Al área propensa a inundarse se le asignaron los niveles muy alto (I) y alto (II) de vulnerabilidad considerando el amplio potencial de dispersión, tanto en superficie como en distancia, que adquiere un derrame al entrar en contacto con el agua. Las superficies implicadas incluyen a los cuerpos de agua, tanto lagunas como ríos y sus áreas de influencia, definidas por la máxima superficie cubierta durante las crecidas ordinarias (vulnerabilidad I) y durante los desbordes extraordinarios (vulnerabilidad II). Estas condiciones pudieron ser reconocidas por medio de la modelación geomorfológica y la clasificación propuesta por Trestman y Tricart en Mayerik (1970).

El área menos propensa a inundación fue evaluada por medio del procedimiento de jerarquización analítica (PJA) (Banai-Kashani, 1989), el cual se describe a continuación:

1. Se diferenciaron tres ambientes cuya influencia se ejerce sincrónicamente sobre el área de estudio: medio biológico, medio físico y medio socio-económico, asignándoles una importancia relativa o peso de 40, 40 y 20% respectivamente, conforme al objetivo de este estudio. Se seleccionaron a los geosistemas como unidades cartográficas y de evaluación, de los cuales se identificaron 22 tipos diferentes que fueron reducidos a 11 para llevar a cabo la evaluación de vulnerabilidad. Esto debido a que ciertos geosistemas podían agruparse, dado que las variables consideradas no los diferenciaban (por ejemplo, los dos tipos de planicies acumulativas se trataron como un solo geosistema), y debido a que otros geosistemas ya habían sido asignados *a priori* a la categoría de vulnerabilidad I. En el cuadro 1 se presenta en forma resumida esta reagrupación.
2. Se analizaron y seleccionaron una serie de variables descriptivas para cada uno de los medios considerados, que además de estar disponibles para su uso, se

FIGURA 1. ESTRATEGIA PARA ESTIMAR LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA BAJA DE LOS RÍOS COATZACOALCOS Y TONALÁ.



relacionaran lo más estrechamente posible con el comportamiento y efectos, a corto y largo plazo, de un derrame de petróleo crudo. Las variables seleccionadas para este trabajo fueron las siguientes:

Pendiente-relieve (variable cualitativa del medio físico). Si bien el área de estudio es prácticamente plana, existe una pequeña zona caracterizada por lomeríos suaves pero que imprimen una fuerte discontinuidad al paisaje, particularmente entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá. Por ello el criterio para esta variable fue el siguiente: a mayor pendiente mayor dispersión de HC, y a terreno más irregular mayor dificultad de acceso y mayor dispersión del HC; por tanto, el geosistema evaluado tendrá mayor vulnerabilidad.

Permeabilidad (variable cualitativa del medio físico). El criterio para esta variable fue el siguiente: a mayor permeabilidad mayor infiltración y por ello el HC será más difícil de limpiar y sus efectos perdurarán por más tiempo; por tanto, el geosistema se considerará más vulnerable.

Riqueza (variable cualitativa del medio biológico). El criterio para esta variable fue el siguiente: a mayor número de especies mayor vulnerabilidad, dado el mayor valor del recurso natural dominante en cada geosistema.

Singularidad (variable cualitativa del medio biológico). El criterio para esta variable fue el siguiente: entre más particular es un geosistema a nivel regional, nacional o mundial y entre más

CUADRO 1. GEOSISTEMAS IDENTIFICADOS Y GEOSISTEMAS EVALUADOS POR EL PROCESO DE JERÁRQUICACIÓN ANALÍTICA.

| Geosistemas identificados | Geosistemas evaluados | Observaciones |
|--|---|---|
| Geosistemas tecnógeno industriales | | Asignación a priori a categoría de vulnerabilidad I muy alta |
| 1. Geosistemas petroleros | No | |
| 2. Geosistemas mineros | No | |
| 3. Geosistemas portuarios | No | |
| 4. Geosistemas agropecuarios | No | |
| Geosistemas tecnógeno urbanos, urbano-rurales, rurales-urbanos y rurales | | |
| 5. Sector primario | No | La mayoría, no son representativos cartográficamente. Aquellos mayores de 15 000 habitantes se asignaron a vulnerabilidad I |
| 6. Sector secundario | No | |
| 7. Sector terciario | No | |
| Geosistemas tecnógenos hidráulicos | | |
| 8. Embalses | No | Asignación a priori a categoría de vulnerabilidad I muy alta |
| Geosistemas agrarios | | |
| 9. Agricultura de humedad con cultivos anuales | 1. Agricultura de humedad con cultivos anuales | |
| 10. Agricultura de temporal con cultivos anuales | 2. Agricultura de temporal con cultivos anuales | |
| 11. Agricultura de temporal son cultivos semipermanentes y permanentes | 3. Agricultura de temporal con cultivos semipermanentes y permanentes | |
| 12. Agricultura de temporal con cultivos permanentes | 4. Agricultura de temporal con cultivos permanentes | |
| 13. Pastizales cultivados e inducidos | 5. Pastizales cultivados e inducidos | |
| Geosistemas mixtos | | |
| 14. Geosistemas mixtos | 6. Geosistemas mixtos | |
| Geosistemas naturales y semitransformados terrestres | | |
| 15. Geosistemas de selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria | 7. Geosistemas de selva alta y mediana con vegetación secundaria | |
| 16. Geosistemas de lagunas y ríos | No | Asignación a priori a categoría de vulnerabilidad I muy alta |
| 17. Geosistemas de planicies acumulativas | 8. Geosistemas de planicies acumulativas | Se tomó como unidad sin desglosar en 17 a. y 17 b. |

CUADRO 1. CONTINÚA.

| Geosistemas identificados | Geosistemas evaluados | Observaciones |
|---|---|--|
| 17 a. Geosistemas de planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres (con vegetación hidrófila y pastizales inundables) | | |
| 17 b. Geosistemas de planicies acumulativas con bajos inundados permanentemente (con vegetación hidrófila) | | |
| Geosistemas naturales y semitransformados transicionales | | |
| 18. Geosistemas de planicies acumulativas costeras | 9. Geosistemas de planicies acumulativas costeras (dunas) | |
| 19. Geosistemas de costas acumulativas | 10. Geosistemas de costas acumulativas (playas) | |
| 20. Geosistemas de lagunas costeras y esteros | No | Asignación a priori a categoría de vulnerabilidad I muy alta |
| 21. Geosistemas de manglares | 11. Geosistemas de manglares | |
| Geosistemas naturales y semitransformados marinos | | |
| 22. Plataforma continental | No | No se incluye en los objetivos de este trabajo |

CUADRO 2. ESCALA NUMÉRICA DE EVALUACIÓN COMPARATIVA PAREADA (BANAI-KASHANI, 1989).

| (Valores intermedios se usan si no ajustan los valores de la siguiente columna) | Intensidad de importancia | Definición |
|---|---------------------------|--|
| 2 | 1 | Misma importancia. Las dos condiciones contribuyen a igual intensidad al objetivo. |
| 4 | 3 | Importancia moderada. La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una condición sobre la otra. |
| 6 | 5 | Importancia esencial o fuerte. La experiencia o el juicio favorecen fuertemente una condición sobre la otra. |
| 8 | 7 | Importancia demostrada. Se ha demostrado en la práctica que una condición domina sobre la otra. |
| | 9 | Importancia extrema. Se ha demostrado en la práctica que una condición domina en extremo a la otra. |

especies raras o en alguna categoría de riesgo contiene, más vulnerable se considerará. *Fragmentación* (variable cualitativa del medio biológico). El criterio para esta variable fue el siguiente: a mayor integridad-continuidad de un tipo de vegetación natural, más sensible será el geosistema que lo contiene. Esto con miras

a la protección de los recursos bióticos mejor conservados. *Índice ponderado de marginación* (variable cuantitativa del medio socioeconómico). El criterio para esta variable fue el siguiente: a mayor índice de marginación mayor es la vulnerabilidad de la población que habita en ese geosistema,

reflejando la susceptibilidad de sufrir daños físicos directos.

Índice ponderado de actividad económica (variable cuantitativa del medio socioeconómico). El criterio para esta variable fue el siguiente: a mayor proporción de población por geosistema dedicada a actividades primarias o secundarias, más vulnerable será ese geosistema, ya que, en caso de derrame, las pérdidas económicas serían directas sobre estos dos sectores.

- Se llevó a cabo una comparación y calificación por variable de cada posible par de los 11 geosistemas considerados. Para ello, se recurrió a la escala de evaluación propuesta por Banai-Kashani (1989) para llevar a cabo "juicios cuantificados", la cual se basa en el uso de una escala de 9 puntos para asignar un número que, entre mayor sea, representará una mayor diferencia al comparar dos elementos. Esta escala numérica se presenta en el cuadro 2. Asimismo, en el cuadro 3 se presenta un ejemplo de matriz de evaluación. Se verificó que el índice de inconsistencia para cada matriz fuera menor al 10%.
- Se asignaron pesos equivalentes al número de variables consideradas para la descripción de cada medio (por ejemplo pendiente-relieve y permeabilidad ambas con un 0.5 de peso), evitando así dar mayor importancia a alguna de ellas. Se calculó la calificación final por geosistema y se obtuvo como resultado una secuencia ordenada de geosistemas de acuerdo a su vulnerabilidad, la cual se presenta en el cuadro 4.
- Con base en las calificaciones obtenidas para esta secuencia ordenada, se calcularon los valores límite máximo y mínimo para las cinco categorías de vulnerabilidad, recurriendo a cálculos escalados (el valor calculado mayor se consideró como 100) y se asignaron los geosistemas constituyentes de cada una de ellas.
- Finalmente, se superpusieron los resultados obtenidos por los dos métodos (Geomorfología fluvial y PJA).

CUADRO 3. EJEMPLO DE MATRIZ CALIFICADA POR PARES, PARA LOS 11 GEOSISTEMAS CONSIDERADOS EN LA EVALUACIÓN POR EL PROCESO DE JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA.

| | Cult Hum | Cult Temp | Cult Semiperm | Cult Perm | Pastizal | Mixto | Selvas | Planicie | Dunas | Playa | Manglar |
|---|----------|-----------|---------------|------------|----------|--------------------------------------|--------|----------|-------|-------|---------|
| Cult Hum | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1 | 1 |
| Cult Temp | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| Cult Semiperm | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| Cult Perm | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| Pastizal | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1 | 1 |
| Mixto | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| Selvas | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| Planicie | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1/3 | 1 | 1 |
| Dunas | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1/3 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| Playa | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1/3 | 1 | 1 |
| Manglar | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1/3 | 1 | 1 |
| Criterio Pendiente-Relieve: A Mayor pendiente-mayor dispersión, terreno más accidentado-mayor dificultad de acceso y mayor dispersión, por tanto más sensibilidad | | | | | | | | | | | |
| | PESO | | | | | | | | | | |
| Cult Hum | 0.024 | | | | | ORDEN OBTENIDO | | | | | |
| CultTemp | 0.201 | | LAMBDA | 12.2782884 | | Selvas> | | | | | |
| CultSemiPerm | 0.045 | | CI= | 0.08409792 | | Cultivo temporal> | | | | | |
| Cult Perm | 0.056 | | | | | Pastizal> | | | | | |
| Pastizal | 0.147 | | | | | Dunas> | | | | | |
| Mixto | 0.059 | | | | | Mixto> | | | | | |
| Selvas | 0.289 | | | | | Cultivos permanentes> | | | | | |
| Planicie | 0.024 | | | | | (Cultivos semipermanente y Playa)> | | | | | |
| Dunas | 0.092 | | | | | (Agricultura de humedad y Planicie)> | | | | | |
| Playa | 0.045 | | | | | Manglar | | | | | |
| Manglar | 0.018 | | | | | | | | | | |

En el caso de que la asignación de algún geosistema no coincidiera entre los dos métodos, la categoría de vulnerabilidad quedó definida por los criterios de geomorfología fluvial (vulnerabilidades I o II).

El clima no fue tomado en cuenta en la evaluación ya que, a pesar de ser una condición definitoria, sus variaciones al interior del área de estudio son mínimas, por lo que no brindaba información útil para diferenciar los

niveles de vulnerabilidad. Por otro lado, la susceptibilidad a desastres naturales y antropogénicos del área es alta (Sánchez y Oropeza, 2003), particularmente a inundaciones y subsidencia generalizada, lo que, aunado al clima y a la ocurrencia de huracanes y Nortes, constatan que el problema de la dispersión hídrica de los derrames sea particularmente importante en esta zona.

REFERENCIAS

- Banai-Kashani, R. 1989. A new method for site suitability analysis: The Analytic Hierarchy Process. *Environmental Management* 13(6): 685-693.
- Mayerik, A. 1970. Photointerpretation in hydrology, a geomorphological approach, En: I.T.C. *Textbook of photointerpretation*. Chapter 3, Volume VII Use of aerial photographs in geomorphology. Delft, Holanda.

CUADRO 4. SECUENCIA JERÁRQUICA (MAYOR A MENOR) DE LA VULNERABILIDAD DE LOS GEOSISTEMAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

| GEOSISTEMA | CALIFICACIÓN FINAL | |
|------------|---|------|
| 1 | Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria | 21.6 |
| 2 | Manglar | 12.3 |
| 3 | Planicie acumulativa costera (campos de dunas) | 12.2 |
| 4 | Agricultura de temporal | 11.9 |
| 5 | Costa acumulativa (playas arenosas) | 8.4 |
| 6 | Planicie acumulativa (tanto la de bajos inundados permanentemente con vegetación hidrófila como la fluvio lacustre y palustre con vegetación hidrófila y pastizales inundables) | 7.7 |
| 7 | Pastizales cultivados e inducidos | 6.5 |
| 8 | Mixto | 6.0 |
| 9 | Cultivos permanentes | 5.0 |
| 10 | Agricultura de humedad | 4.4 |
| 11 | Cultivos semipermanentes y permanentes | 4.0 |

Sánchez, M. T. y O. Oropeza. 2003. *Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec*. Versión digital. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

A. INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL DE PEMEX

María Teresa Sánchez Salazar¹
y Norma Martínez Laguna²

Desde su nacimiento, a principios del siglo XX y durante su largo periodo de consolidación, la industria petrolera nacional se ha estructurado y organizado como un complejo económico que ha integrado áreas terrestres y marítimas asociadas a la plataforma continental del Golfo de México, en donde se explotan yacimientos de hidrocarburos que se vinculan con las unidades y complejos de producción (refinerías, centros procesadores de gas, complejos y unidades petroquímicas), con los centros de consumo nacionales y con las terminales transfronterizas y marítimas de movimientos de altura y cabotaje, a través de un sistema de ductos de distribución que se extienden sobre todo a lo largo de la costa del Golfo de México y las principales zonas urbano-industriales del país (Sánchez-Salazar, *et al.* 1999).

Estas características, derivadas de la propia naturaleza de la industria petrolera, justifican la inclusión de un mapa a nivel nacional en donde

se sintetice la gran complejidad que presenta la infraestructura de PEMEX en las distintas etapas de su proceso económico. En él se identifican, además, los espacios económico-productivos en los cuales la presencia de dichas instalaciones representa una amenaza constante, en virtud de la probabilidad de ocurrencia de derrames de hidrocarburos que puedan impactar negativamente los ecosistemas, los asentamientos humanos y la economía de las áreas aledañas a ellas. Asimismo, el mapa proporciona la ubicación de las áreas naturales protegidas con el objeto de examinar su proximidad a la infraestructura petrolera y a los procesos productivos que pudieran potencialmente dañarlas.

La información relativa a la infraestructura petrolera en el país se extrajo básicamente de los Anuarios Estadísticos y Memorias de Labores de 2006 y 2007 y del Informe Anual 2006 publicados por PEMEX. La fuente de información de donde se obtuvo la ubicación de las Áreas Naturales Protegidas es la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2008).

Previa recopilación de los datos estadísticos y geográficos, la expresión cartográfica de la infraestructura industrial de PEMEX requirió la conformación de una base de datos geográfica del área de estudio (para el año 2006) y la elaboración del mapa temático correspondiente a partir de la organización y clasificación de la base señalada. Se consideraron los siguientes tres niveles en el manejo e interpretación de la información: el nivel puntual para la ubicación de la infraestructura industrial y portuaria; el areal para delimitar la extensión aproximada de los yacimientos petroleros y las áreas naturales protegidas; y el lineal para la red de ductos petroleros que conectan entre sí los yacimientos, centros de transformación, terminales marítimas y centros consumidores.

El conocimiento de la estructura y organización productiva y territorial del complejo petrolero mexicano es prioritario para comprender el lugar que ocupa la infraestructura petrolera de la región del estudio (cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá) en el contexto nacional y su impacto sobre los restantes componentes del sistema territorial (medio físico, subsistema urbano, sociedad y economía, entre otros), con el fin de examinar y valorar las manifestaciones negativas de dicha interacción (cuadro A.1) (Méndez y Caravaca, 1996).

En 2006 PEMEX invirtió casi doce mil millones de dólares; de este monto, 10 800 millones se destinaron a explotación y 1100 millones a exploración, lo que permitió alcanzar una tasa de restitución de reservas probadas de 41% (PEMEX, 2006).

En el presente mapa se aprecian las principales áreas donde existen yacimientos de petróleo y gas natural. Las áreas productoras de petróleo crudo más importantes se ubican en la plataforma continental del Golfo de Campeche (regiones marinas Noreste y Suroeste), donde destaca el yacimiento de Cantarell, cuya producción actual está en franca declinación; sin embargo, sigue siendo el responsable de 55.3% de la producción total de petróleo crudo. En 2006 la producción nacional fue de 3.256 millones de barriles diarios de petróleo crudo, lo que significó una disminución de 2% respecto al año anterior. De dicha producción, 1.793 millones de barriles diarios fueron exportados en el mismo año (55% del volumen total) (PEMEX, 2007b).

Por su parte, el gas natural se había obtenido tradicionalmente de yacimientos en donde se encuentra asociado al petróleo, principalmente en las regiones Sur (Tabasco y norte de Chiapas) y marinas Noreste y Suroeste. Sin embargo, en los últimos años la producción de gas natural seco se ha

CUADRO A.1. INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL DE PEMEX A NIVEL NACIONAL EN 2006.

| Instalaciones | Número |
|--|--------|
| Campos en producción | 364 |
| Pozos en explotación | 6080 |
| Plataformas marinas | 199 |
| Centros procesadores de gas | 12 |
| Endulzadoras de gas | 20 |
| Plantas criogénicas | 19 |
| Plantas de absorción | 1 |
| Fraccionadoras | 10 |
| Endulzadoras de condensados | 6 |
| Recuperadoras de azufre | 14 |
| Refinerías | 6 |
| Complejos y unidades petroquímicas | 8 |
| Plantas petroquímicas | 38 |
| Terminales de distribución de gas licuado | 20 |
| Plantas de almacenamiento y centros de venta de productos petrolíferos | 7 |

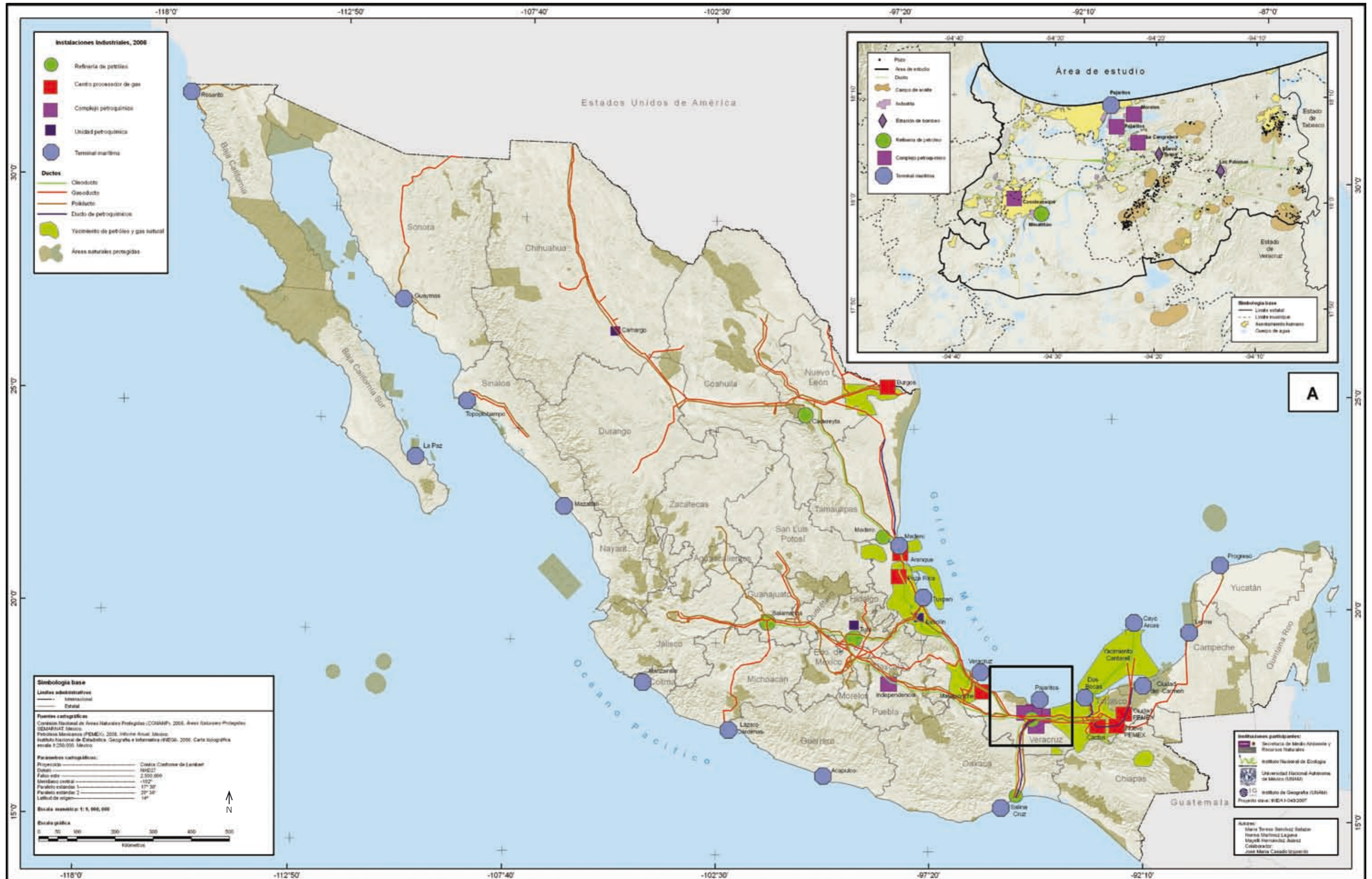
Fuente: PEMEX, 2007a.

incrementado notoriamente con el desarrollo y puesta en operación de gran cantidad de pozos productores ubicados en la Cuenca de Burgos al noreste del país, en el área fronteriza con Estados Unidos, los cuales se explotan a través de los denominados Contratos de Servicios Múltiples con empresas privadas extranjeras y nacionales. Gracias a ello, la producción nacional de gas natural aumentó 11% en 2006, en relación con el año anterior, y alcanzó 5356 millones de pies cúbicos diarios. Por su parte, el volumen de gas seco se incrementó 22% y pasó de 1864 millones de pies cúbicos diarios en 2005 a 2266 millones en 2006; el volumen de gas asociado aumentó solamente 5% y pasó de 2954 millones de pies cúbicos diarios en 2005 a 3090 millones en 2006. En esta región se concentra actualmente 41.5% de la producción nacional de gas natural. No obstante, para satisfacer la demanda interna de este energético en 2006, el

¹ Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. mtss@servidor.unam.mx.

² Departamento de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. norma_geo@hotmail.com.

Infraestructura industrial de PEMEX



país importó 451 millones de pies cúbicos diarios (PEMEX, 2006, 2007a y 2007b).

En el contexto del futuro energético del país, PEMEX enfrenta retos que requieren de atención inmediata; el de mayor importancia es mantener la plataforma de producción y administrar la declinación de Cantarell, lo que demanda un gran esfuerzo y mayores inversiones. Asimismo, durante 2006 sólo se restituyeron cuatro de cada 10 barriles de los que se sustrajeron del subsuelo, lo que generó que las reservas probadas de hidrocarburos disminuyeran 6% (cuadro A.2) (PEMEX, 2006, 2007a y 2007b).

CUADRO A.2. RESERVAS MEXICANAS DE HIDROCARBUROS POR REGIÓN EN 2007 (MILLONES DE BARRILES DE PETRÓLEO CRUDO EQUIVALENTE).

| Región | Petróleo crudo | Líquidos del gas | Gas seco | Total |
|------------------------|----------------|------------------|----------|--------|
| Región Marina Noreste | 12 511 | 986 | 590 | 14 086 |
| Región Marina Suroeste | 2901 | 583 | 1 163 | 4647 |
| Región Norte | 12 769 | 1751 | 5877 | 20 397 |
| Región Sur | 3728 | 1039 | 1479 | 6246 |
| Total | 31 909 | 4359 | 9109 | 45 376 |

Fuente: PEMEX, 2007a.

PEMEX procesó 1.284 millones de barriles diarios de petróleo crudo (39.4% de la producción total de petróleo crudo) en sus seis refinerías, que incluyen Salina Cruz (301.2 mbd) en el estado de Oaxaca, cuyo principal mercado es el sur del país y la costa del Pacífico; Tula (294.2 mbd) en Hidalgo, que abastece a todo el centro del país; Cadereyta (199.4 mbd) en Nuevo León, que surte a las regiones noreste y norte; Salamanca (195 mbd) en Guanajuato, cuyo mercado es la región centro-occidente y Minatitlán (176.4 mbd) y Ciudad Madero (158.6 mbd) en Veracruz y Tamaulipas, respectivamente, que abastecen al sureste del país y a toda la costa del Golfo de México. Sin

embargo, la composición del petróleo crudo enviado a proceso se ha modificado como resultado del cambio en las características de los yacimientos, pues se ha incrementado la producción de petróleo crudo pesado y ha disminuido la de ligero. Por este motivo, desde hace varios años se desarrolla en el país un programa de reconfiguración de las refinerías, que no ha contemplado el incremento en la capacidad instalada; por ello en 2006 se importaron 369 000 barriles diarios para satisfacer la demanda interna de petrolíferos (figura A.1) (SENER, 2000; PEMEX, 2006 y 2007a).

Para el procesamiento del gas natural, PEMEX cuenta con 20 plantas endulzadoras y 19 criogénicas, concentradas en varios complejos procesadores de gas que se ubican en los estados de Tabasco, Chiapas, Veracruz y Tamaulipas. Los principales son los de Ciudad PEMEX y Nuevo PEMEX en Tabasco; Cactus en Chiapas; Matapionche, Poza Rica y Arenque en Veracruz; y Burgos en Tamaulipas. Los tres primeros y el de Burgos, concentran 88.8% de la producción nacional de gas (PEMEX, 2007a).

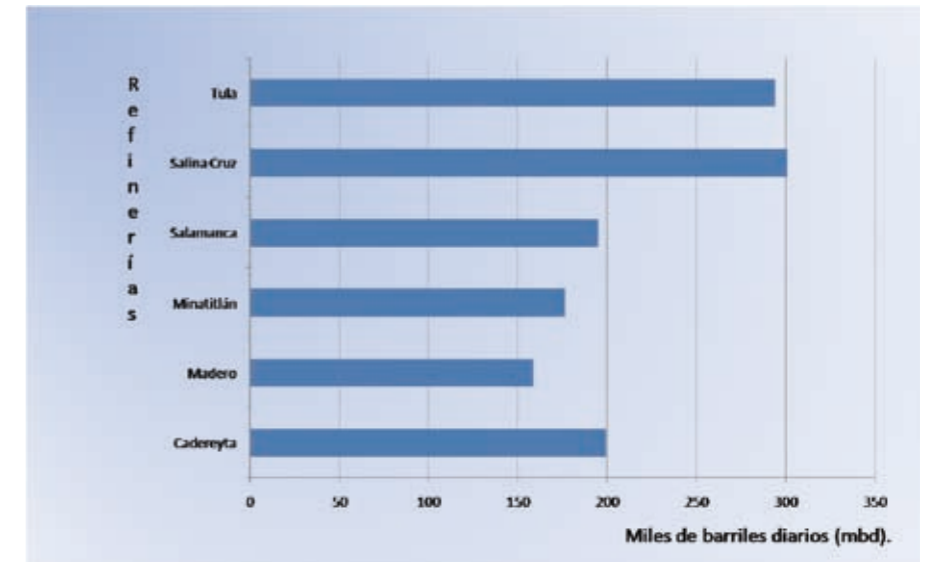
PEMEX posee 38 plantas para la producción de petroquímicos, las cuales están distribuidas en cinco complejos y tres unidades, ubicados en cuatro entidades federativas. Los complejos petroquímicos de La Cangrejera, Cosoleacaque, Morelos y Pajaritos se localizan en el sureste de Veracruz -precisamente en la zona a la que se refiere este atlas- y el de San Martín Texmelucan (Independencia), se encuentra en Puebla. Por su parte, las unidades petroquímicas son las de Camargo, en Chihuahua; Escolín, en Veracruz y Tula, en Hidalgo, que no tuvieron producción en 2006. Cabe destacar que la unidad de Reynosa, en Tamaulipas, se encuentra fuera de operación desde 1999.

En 2006, la producción de petroquímicos ascendió a 10.961 millones de toneladas, 3% superior a 2005. El aumento se debió a la confluencia de los siguientes

hechos: mayores volúmenes en la cadena del etano provenientes básicamente del reinicio de operaciones de la planta de etileno del Complejo Petroquímico Pajaritos; el mejor desempeño de operación de la planta de óxido de etileno; y el inicio de operaciones de la planta de polietilenos *Swing*, en el Complejo Petroquímico Morelos (PEMEX, 2007a y 2007b). En la cadena del etano los productos que aumentaron su producción fueron el cloruro de vinilo, con 50 mil toneladas; el etileno, con 43 mil toneladas; el óxido de etileno, con 40 mil toneladas; y el polietileno de baja densidad, con 27 mil toneladas. Asimismo, el amoniaco mostró un incremento significativo de 78 mil toneladas. No obstante, en petroquímica no ha habido una definición integral y de fondo del papel de PEMEX, por lo que las soluciones han sido parciales y de corto plazo. Ello puede observarse en el decremento de la producción en los últimos años, que se ha visto afectada por el desabasto en sus principales insumos que incluyen el metano y el etano. De esta manera, la infraestructura de los complejos y unidades petroquímicas trabaja actualmente a la mitad de su capacidad instalada (figura A.2) (PEMEX, 2007a y 2007b).

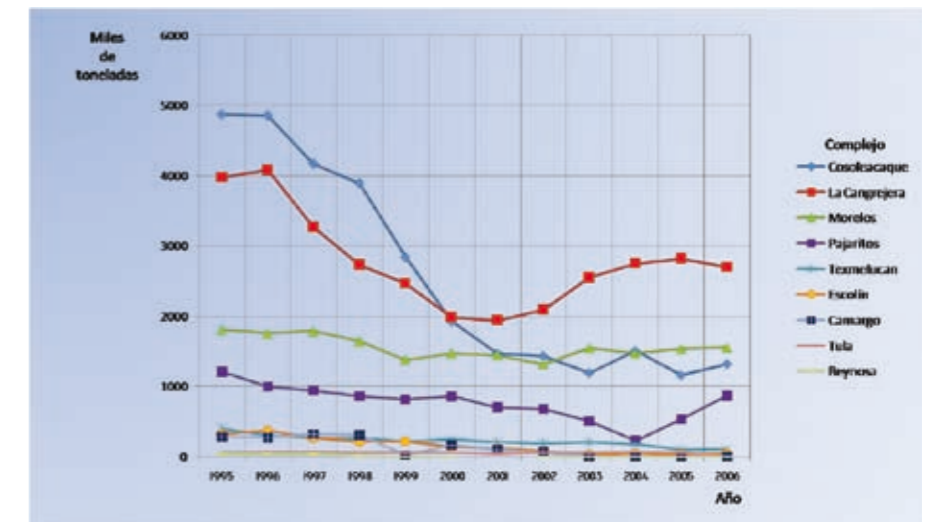
A pesar de la situación del sector, es importante señalar la concentración de la infraestructura petroquímica en los espacios productivos del sureste

FIGURA A.1. PRODUCCIÓN DE REFINADOS EN PEMEX EN 2006 (MILES DE BARRILES DIARIOS).



Fuente: PEMEX, 2007a.

FIGURA A.2. PRODUCCIÓN DE PETROQUÍMICOS DE PEMEX POR COMPLEJO EN 2006 (MILES DE TONELADAS).



Fuente: PEMEX, 2007a.

de Veracruz, que representa en conjunto el 92% de la capacidad instalada de PEMEX y la cual generó en 2006 el 98% de la producción nacional en dicho rubro (PEMEX, 2007a y 2007b).

El transporte de petróleo, gas natural, productos petrolíferos y petroquímicos de las zonas de producción

(yacimientos, refinerías, complejos procesadores de gas y complejos y unidades petroquímicas) a su destino final (terminales de almacenamiento, terminales marítimas para movimientos de altura y cabotaje, puntos fronterizos de embarque, zonas industriales y terminales de ventas internas) se realiza principalmente a través del Sistema Nacional de Ductos, el cual está conformado por una red de oleoductos, gasoductos, poliductos y ductos de petroquímicos, que se distribuye principalmente a través de la costa del Golfo, desde la Sonda de Campeche y los campos productores de Tabasco y Chiapas, hacia el sureste; por el Pacífico a través del Istmo de Tehuantepec; por el centro y centro-occidente; y por noreste y norte del país hasta interconectarse con el sistema de ductos de Estados Unidos en la zona fronteriza norte.

En 2006, la red nacional de ductos sumó una longitud de 38 770 kilómetros. De ella, 8879 km corresponden a oleoductos, 16 654 km a gasoductos, 12 166 km a poliductos y 1071 km a ductos de petroquímicos, todos ellos controlados por la paraestatal (PEMEX, 2007b). Sin embargo, actualmente la legislación nacional permite a la iniciativa privada la construcción y operación de gasoductos y la distribución interna de gas natural en las principales áreas urbano-industriales del país. Finalmente, es importante señalar que existe una relación funcional relevante entre la red nacional de ductos y los puertos, a través de los cuales existen movimientos de altura y de cabotaje de petróleo crudo, productos petrolíferos y petroquímicos.

Los principales puertos petroleros de México, por su movimiento de carga, son Cayo Arcas, localizado en el Golfo de Campeche en el área de plataformas marinas, a 160 km. de la costa de Isla del Carmen, Campeche, el cual constituye la principal plataforma de exportación de petróleo crudo; Dos Bocas, en la costa de Tabasco, el segundo puerto exportador

de petróleo que recibe los oleoductos y gasoductos procedentes del Golfo de Campeche; Pajaritos, que tiene el tercer lugar en exportación de petróleo crudo y constituye el principal puerto petrolero del país por la diversidad de productos manejados (petróleo crudo, petrolíferos y petroquímicos) y por la importancia de sus movimientos de cabotaje con otros puertos del Golfo de México; y finalmente, Salina Cruz, que exporta petróleo crudo a Oriente y constituye la principal terminal en cuanto a movimientos de cabotaje de PEMEX con los puertos del Pacífico (Sánchez-Salazar et al., 1999; Martínez et al., 2002).

En referencia específicamente al sureste de Veracruz, motivo de este atlas, en el recuadro del mapa se presenta la distribución de los campos terciarios localizados en los municipios de Nanchital, Agua Dulce, Las Choapas y Cuichapa, cuyo volumen de explotación es poco representativo a nivel nacional (alrededor de 40 000 barriles diarios solamente). Por su parte, a través del Proyecto Integral Cuenca de Veracruz (ubicado a 5 km de la costa de Coatzacoalcos), constituido por 19 campos, se obtuvo una producción de gas natural no asociado de 723 millones de pies cúbicos diarios en 2006, por lo cual se constituye como el segundo proyecto más importante del país en ese rubro, después de Burgos (PEMEX, 2006).

Cabe mencionar que en dicha región se localiza también la Estación Central de Bombeo y Distribución de Nuevo Teapa, que recibe cerca del 90% del petróleo crudo procedente de las áreas productoras de Tabasco, Chiapas y la Sonda de Campeche, y de ahí se reenvía, mediante oleoductos, a las refinerías y a las terminales marítimas de Pajaritos y Salina Cruz. De manera complementaria a este centro, la Estación Las Palomas realiza las mezclas de petróleo crudo, según las necesidades del mercado doméstico y de exportación.

Finalmente, esta región es cruzada por una densa red de oleoductos dividida en dos sistemas que son: el troncal, que cruza la región de este a oeste y que une la región productora del sureste del país con el Istmo de Tehuantepec y con el resto del país; y el sistema regional que interconecta las zonas productoras locales, con la refinería de Minatitlán, los cuatro complejos petroquímicos y la terminal marítima de Pajaritos.

En el mapa también se incluyen las áreas naturales protegidas del país, algunas de las cuales están próximas o coinciden en su ubicación con instalaciones industriales o son cruzadas por la red de ductos de PEMEX, lo que las hace vulnerables a posibles derrames de petróleo crudo a partir de ellos.

REFERENCIAS

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2008. *Áreas Naturales Protegidas*. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Martínez, N., M. T. Sánchez, y J. M. Casado. 2002. Istmo de Tehuantepec: un espacio geoestratégico bajo la influencia de intereses nacionales y extranjeros. Éxitos y fracasos en la aplicación de políticas de desarrollo industrial (1820-2002). *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 49: 118-135.
- Méndez, R. el. Caravaca. 1996. *Organización industrial y territorio*. Editorial Síntesis, Madrid. España.
- Petróleos Mexicanos (PEMEX). 2006. *Informe Anual*. México.

Petróleos Mexicanos (PEMEX). 2007a. *Anuario Estadístico, 2007*. México.

Petróleos Mexicanos (PEMEX). 2007b. *Memoria de Labores*. México.

Sánchez-Salazar, M. T., N. Martínez Laguna, y M. Martínez Galicia. 1999. Industria petroquímica y cambios socioeconómicos regionales en la costa del Golfo de México. El caso del sureste de Veracruz. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. 40: 127-147.

Secretaría de Energía (SENER). 2000. *El sector energía en México. Análisis y prospectiva*. México.



Acahuales de selva alta y mediana perennifolia en el municipio de Cosoleacaque, Ver. Ejemplar sobreviviente de Ceiba sp. (cortesía de Silke Cram)

A.1. MAPA TOPOGRÁFICO

José Antonio Quintero Pérez¹ y
Mayelli Hernández Juárez¹

El mapa topográfico representa las características físicas y visibles del terreno. Muestra algunos de los elementos naturales, tales como el relieve, los cuerpos de agua (lagos y lagunas) y las corrientes tanto intermitentes como perennes; muestra además los rasgos culturales, como los asentamientos humanos, las vías de comunicación (carreteras, vías férreas), la industria, los aeropuertos y la división política municipal. Asimismo, da a conocer la localización de campos petroleros, pozos y ductos, elementos primordiales para el estudio de los impactos por derrames de petróleo crudo en la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.

El objetivo del presente mapa es conocer la distribución, la dimensión y la condición de los elementos que comprenden la superficie del terreno, los cuales funcionan como base para estudiar y analizar ambientes sensibles ante derrames de hidrocarburos.

Desde el punto de vista fisiográfico, el área de estudio corresponde a la provincia de la Llanura Costera Veracruzana del Golfo Sur (INEGI, 1987 y 2000; Hernández-Santana, *et al.*, 2006). Respecto a su geomorfología, destacan por su extensión las planicies acumulativas: fluvio-lacustres y palustres y de bajos

¹Laboratorio de Análisis Geoespacial, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. quintero@igg.unam.mx.

inundados permanentemente, que se ubican al oeste del río Coatzacoalcos; además de las planicies costeras eólico-marinas (campos de dunas y cordones litorales); estas últimas presentan llanuras onduladas y lomeríos suaves. Hacia el sureste, en los municipios de Ixhuatlán y Moloacán, se localiza el relieve con mayor energía, conformado por laderas de más de 100 msnm.

Hidrológicamente, la región pertenece a la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá. El río Coatzacoalcos recibe en su margen izquierda los aportes de agua permanente de los ríos Calzadas, Huazuntlán y San Francisco; y por la margen derecha la de los ríos permanentes de Uxpanapa, Teapa, Arroyo Blanco, Coachapa y San Antonio. Por su parte, el río Tonalá recibe por su margen izquierda los aportes de los ríos permanentes Agua Dulce, Agua Dulcita, Tepexcuintle y El Arenal.

Las localidades más grandes son Coatzacoalcos y Minatitlán, tanto por su extensión y número de habitantes como por la infraestructura que albergan para la industria petrolera básica y petroquímica secundaria. Por su parte, en el municipio de Agua Dulce se concentra el mayor número de pozos y campos petroleros.

Los municipios comprendidos en el área de estudio cuentan con varios tipos de vías de comunicación: marítima, ferroviaria, aérea y carretera; estas últimas conectan hacia el norte y sur del país. Una red carretera importante, que conecta las ciudades más grandes del lugar, es la que cruza de Minatitlán a Coatzacoalcos; cuenta con cuatro carriles de doble sentido y por ella circula el transporte de carga que traslada productos petroquímicos, entre otros. Esta carretera se localiza al oeste del río Coatzacoalcos e intersecta con los derechos de vía de PEMEX en el tramo del humedal El Polvorín.

Desde Minatitlán, la autopista corre hacia el este, conecta con la carretera que va a Ixhuatlán del Sureste y posteriormente a Nanchital, cruza la vía férrea y se dirige a las plantas petroquímicas de Pajaritos, La Cangrejera y Morelos. La autopista sigue su rumbo al este hacia Villahermosa, Tabasco. Al extremo este de la zona de



Paisaje rural al suroeste de Cosoleacaque, Ver. (cortesía Mayelli Hernández)

estudio, la autopista tiene desviaciones para dirigirse a Agua Dulce al norte y rumbo a Las Choapas al sur. Una vía alterna sale de Coatzacoalcos, pasa por los complejos petroquímicos y entronca con la autopista cerca de Nuevo Teapa. Otra vialidad importante es la que va hacia la pista de aviación (Aeropuerto Nacional Canticas) ubicada al noroeste del área de estudio. Esta vía se encuentra acompañada por varios derechos de vía; su último tramo es en dirección al oeste y atraviesa la localidad de Las Barrillas para llegar a la Laguna del Ostión.

REFERENCIAS

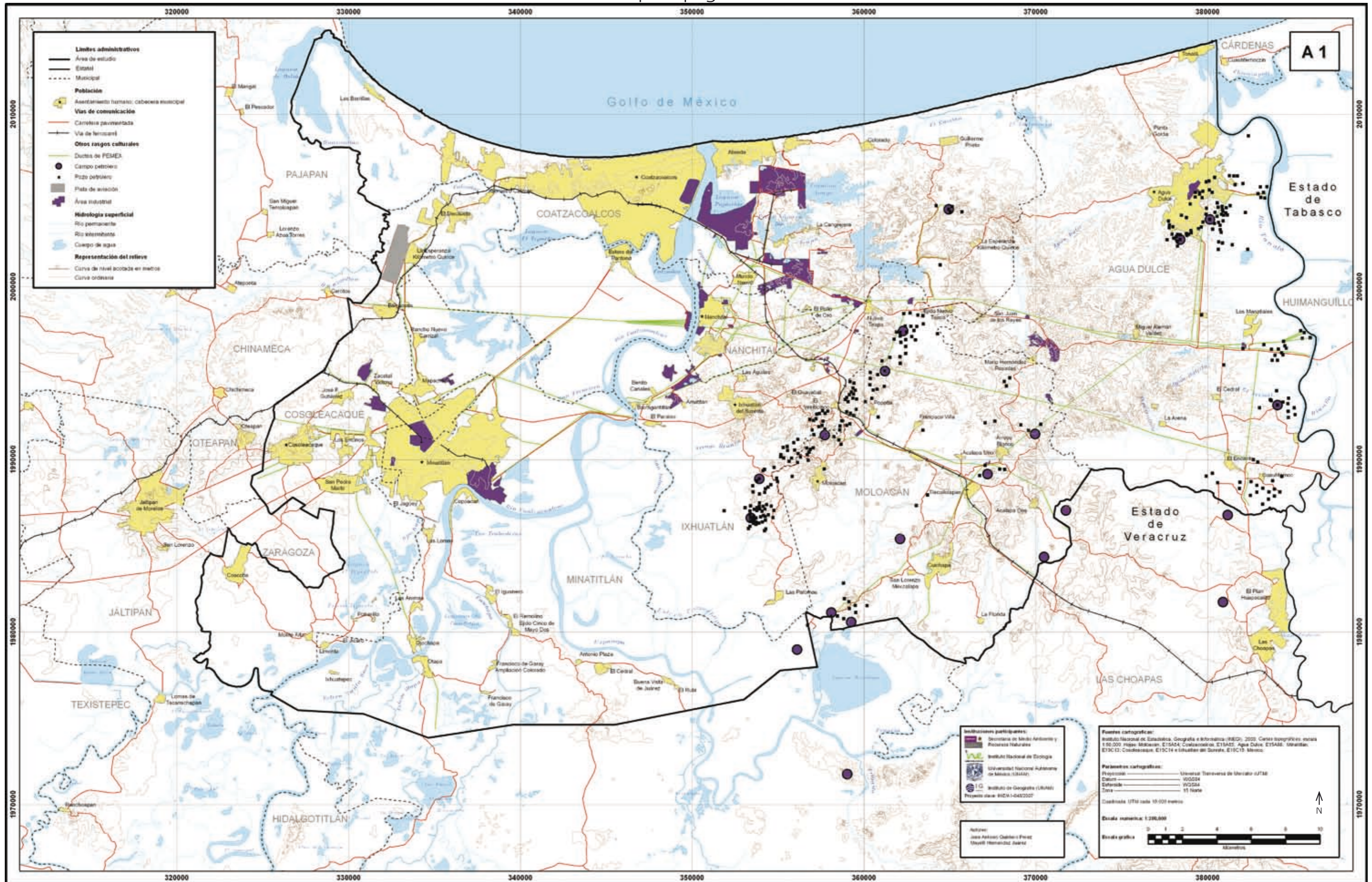
Hernández-Santana J. R., A. P. Méndez Linares y M. Figueroa Mah-Eng, 2006. Desarrollo geomorfológico de los ecosistemas costeros de manglares y dunas del estado

de Veracruz: morfoestructura y morfogénesis. Informe geomorfológico final del Proyecto Sistema costero del estado de Veracruz: fisiografía, geomorfología, riesgos y ecología de manglares y dunas costeras, implicaciones para su manejo (SEMARNAT-2002-CO1-0126). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 1987. *Síntesis Geográfica del Estado de Veracruz*. México.

———. 2000. *Cartas topográficas*, escala 1:50 000, Hojas: Moloacán, E15A84; Coatzacoalcos, E15A85; Agua Dulce, E15A86; Minatitlán, E15C13; Cosoleacaque, E15C14 e Ixhuatlán del Sureste, E15C15. Aguascalientes, México.

Mapa topográfico



A.2. LAS FORMAS DEL TERRENO A TRAVÉS DEL SOMBREADO DEL RELIEVE

José Antonio Quintero Pérez¹ y
Mayelli Hernández Juárez¹

En la cartografía convencional, la descripción de las elevaciones del terreno, a través de las curvas de nivel del mapa topográfico, constituye la estructura básica de la mayoría de los mapas generales. Un papel equivalente lo desempeña el Modelo Digital de Elevación (MDE), el cual es generado a partir de la interpolación de los datos de altura de las curvas de nivel (que representan variables discretas) y su transformación en una representación continua. Dicha representación equivale a la distribución espacial de la coordenada Z, la cual describe el relieve de la superficie terrestre como una medida absoluta sobre el nivel del mar. En su forma más simple, los MDE, también llamados Modelos Digitales de Terreno (MDT), son conocidos como modelos sombreados o *hillshade*. Un ejemplo de ellos puede apreciarse en el presente mapa, el cual muestra formas rugosas que indican la irregularidad del relieve. Estos modelos nos permiten estudiar no sólo el relieve, sino resaltar características morfológicas simples que hacen única a un área en particular, como la pendiente y la orientación o exposición

¹Laboratorio de Análisis Geoespacial, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. quintero@igg.unam.mx

del terreno. Además, permiten la elaboración de otros modelos más complejos utilizando conjuntamente la descripción morfológica del terreno y simulaciones numéricas de procesos físicos que van desde el realce de fallas geológicas hasta la obtención de la red de escurrimientos, pasando por el cálculo de volúmenes.

En este mapa se presenta la distribución de las formas del terreno a través del sombreado del relieve, un producto elaborado a partir del MDT (Quintero y Hernández, 2007) con apoyo de herramientas de un sistema de información geográfica. Dicho MDT fue construido a partir de la interpolación de las curvas de nivel obtenidas de las siguientes cartas topográficas, escala 1:50 000 del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2000): Moloacán, Coatzacoalcos, Agua Dulce, Minatitlán, Cosoleacaque e Ixhuatlán del Sureste. Este mapa permite al lector tener una idea básica sobre las principales formas del relieve del área de estudio.

Como se aprecia en el mapa, esta zona se ubica en la Llanura Costera del Golfo Sur, por lo que la variación altitudinal que presenta no es muy grande. Se observa una clara división en dos partes: la porción oriente con las mayores elevaciones, que no rebasan los 150 msnm, y la porción poniente que es casi plana.

Es notable la distribución de las localidades en las partes más planas del territorio y cercanas a los cauces de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, así como a otros cuerpos de agua, como las lagunas de Coachapa, Los Trabaderos, El Tepejilote y Carolina Anaya.



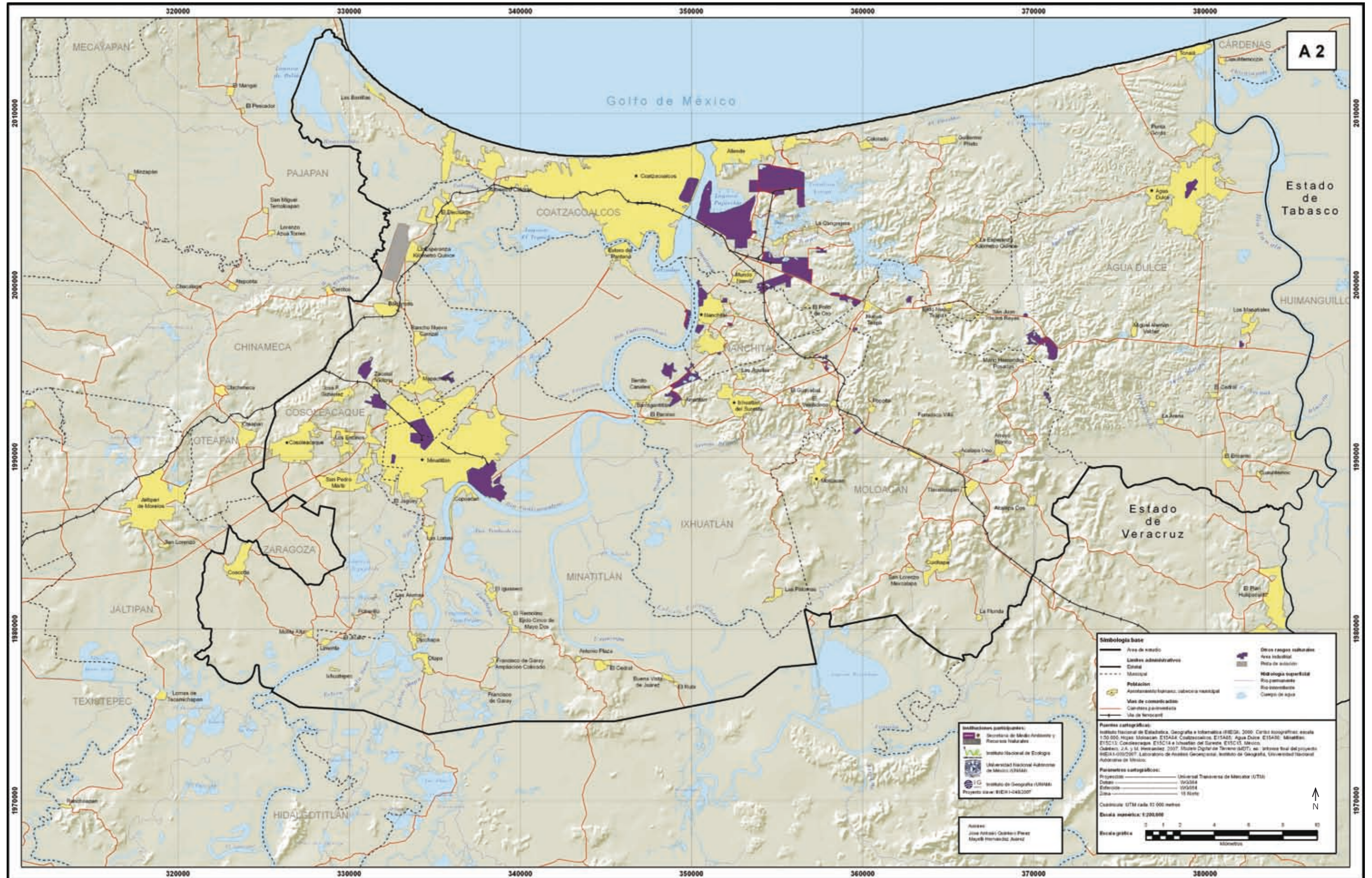
Antiguo brazo del río Coatzacoalcos cubierto por vegetación hidrófila hacia el noreste de Cosoleacaque, Ver. (cortesía de Mayelli Hernández)

REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. *Cartas topográficas*, escala 1:50 000, Hojas: Moloacán, E15A84; Coatzacoalcos, E15A85; Agua Dulce, E15A86; Minatitlán, E15C13; Cosoleacaque, E15C14 e Ixhuatlán del Sureste, E15C15. México
- Quintero, J.A. y M. Hernández. 2007. *Modelo Digital de Terreno (MDT)*. En: Cram, S., R. Aguirre, M. Hernández, N. Martínez, O. Oropeza, J. A. Quintero, O. Salmerón, I.

- Sommer, M. A. Ortiz y T. Sánchez. 2007. *Elaboración de una Metodología para la Identificación de Sitios Ambientalmente Sensibles a los Efectos por Derrames de Hidrocarburos (INE/A1-009/2007)*. Informe final. Instituto Nacional de Ecología e Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Las formas del terreno a través del sombreado del relieve



A.3. IMAGEN SPOT

José Antonio Quintero Pérez¹ y
Mayelli Hernández Juárez¹

La contaminación por hidrocarburos afecta de forma física y química al medio ambiente y contribuye a su vulnerabilidad y a la de los organismos.

Una forma actual para detectar espacialmente los derrames de hidrocarburos es el uso de datos satelitales, los cuales permiten obtener información de un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los registros adquiridos con algún dispositivo que no está en contacto físico con el objeto, área o fenómeno investigado. Los humanos toman conocimiento del mundo exterior al detectar y medir los cambios en los campos electromagnéticos, acústicos, gravimétricos o magnéticos que interactúan con los objetos; según sean éstos, bastará poseer el sensor adecuado para cada caso. Desde un punto de vista práctico, podemos restringir la generalidad de este concepto limitándonos a utilizar el término percepción remota en conexión con técnicas electromagnéticas de adquisición de información. (Lillesand y Kiefer, 2000).

La radiación electromagnética, fundamentalmente emitida por el sol y reflejada por los objetos terrestres, o incluso emitida por éstos (por ejemplo en el infrarrojo

térmico), es afectada por efectos atmosféricos. Mediante la señal resultante es posible extraer información acerca de dichos objetos y de sus coberturas terrestres. La detección de tales señales electromagnéticas puede efectuarse por medios fotográficos o electrónicos. (Richards y Jia, 1999).

El objetivo del presente mapa es mostrar los diferentes tipos de vegetación y uso de suelo y su distribución espacial en el área de estudio a través de una imagen satelital SPOT (SPOT, 2005a), la cual sirvió como apoyo en la interpretación visual y la delimitación de los geosistemas (ver mapa B.8) para establecer las áreas más vulnerables ante derrames de hidrocarburos.

SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) es un sistema satelital de alta resolución de observación de la Tierra, que opera desde el espacio. Está diseñado para el avance en el conocimiento y el manejo del planeta, mediante la exploración de los recursos para detectar y pronosticar eventos climatológicos y oceanográficos, así como para el monitoreo de las actividades humanas y los fenómenos naturales. El sistema SPOT incluye una serie de satélites y recursos de registro en tierra, para el control y la programación de los satélites, la producción y la distribución de imágenes. Actualmente operan los satélites SPOT 2, 4 y 5 (Jensen, 2000).

La imagen de satélite que se aprecia en el espacio-mapa corresponde al sistema SPOT 2 y fue tomada el 6 de mayo de 2005. Es de tipo multiespectral y tiene una resolución espacial de 20 metros. Cuenta con tres bandas; en una combinación denominada "falso color" para las primeras dos bandas; la tercera es el infrarrojo cercano, el cual permite resaltar las aéreas con vegetación en tonalidades de rojo.

Para obtener la textura de la imagen, se hizo una fusión con una imagen SPOT pancromática (SPOT, 2005b) a

una banda con resolución espacial de 10 metros y con la misma fecha de registro que la imagen multiespectral. Esto permitió realzar y distinguir los diferentes tipos de vegetación y uso del suelo a una escala más detallada (1:50 000).

Al realizar esta composición en el mapa, todos los tonos de rojo, desde el rojo muy oscuro al rosa pálido correspondieron a la vegetación. Los tonos más oscuros, distribuidos de manera dispersa en la porción oriente, se relacionan con la presencia de vegetación arbórea densa, es decir selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria (1); los rojos claros indican agricultura de temporal y de humedad (5); y los rosados corresponden a vegetación poco densa (2). El celeste corresponde a suelo desnudo, seco o a áreas rocosas (6). Se observan pequeñas áreas en tono azul claro que puede corresponder a zonas urbanas o industriales (7). Los tonos de azul más oscuros se relacionan con agua clara en cursos o cuerpos de agua (8), si éstos presentan partículas en suspensión aparecerán con tonalidades azul-verdosas (cian). Las zonas inundables, que se ubican entre las localidades de Coatzacoalcos y Minatitlán y cercanas al cauce del río Coatzacoalcos, así como las que se encuentran próximas al río Tonalá, se aprecian en un tono verde oscuro (9). Los tonos rojos en las márgenes del río Tonalá y de la Laguna del Ostión indican zonas de vegetación densa; en este caso, manglar (3). Los tonos más claros de rojo que cubren la mayor parte de la imagen representan vegetación inducida, principalmente pastizales (4).

La capacidad para la detección del uso de suelo, así como de los cambios que sufre dicho uso a lo largo del tiempo, ha sido visualizada y demostrada a través de los datos que proporcionan los instrumentos para la observación de la Tierra, como la imagen SPOT. En la

actualidad, la utilización de este tipo de datos permite la automatización del procesamiento de la información y una mejor interpretación del espacio.

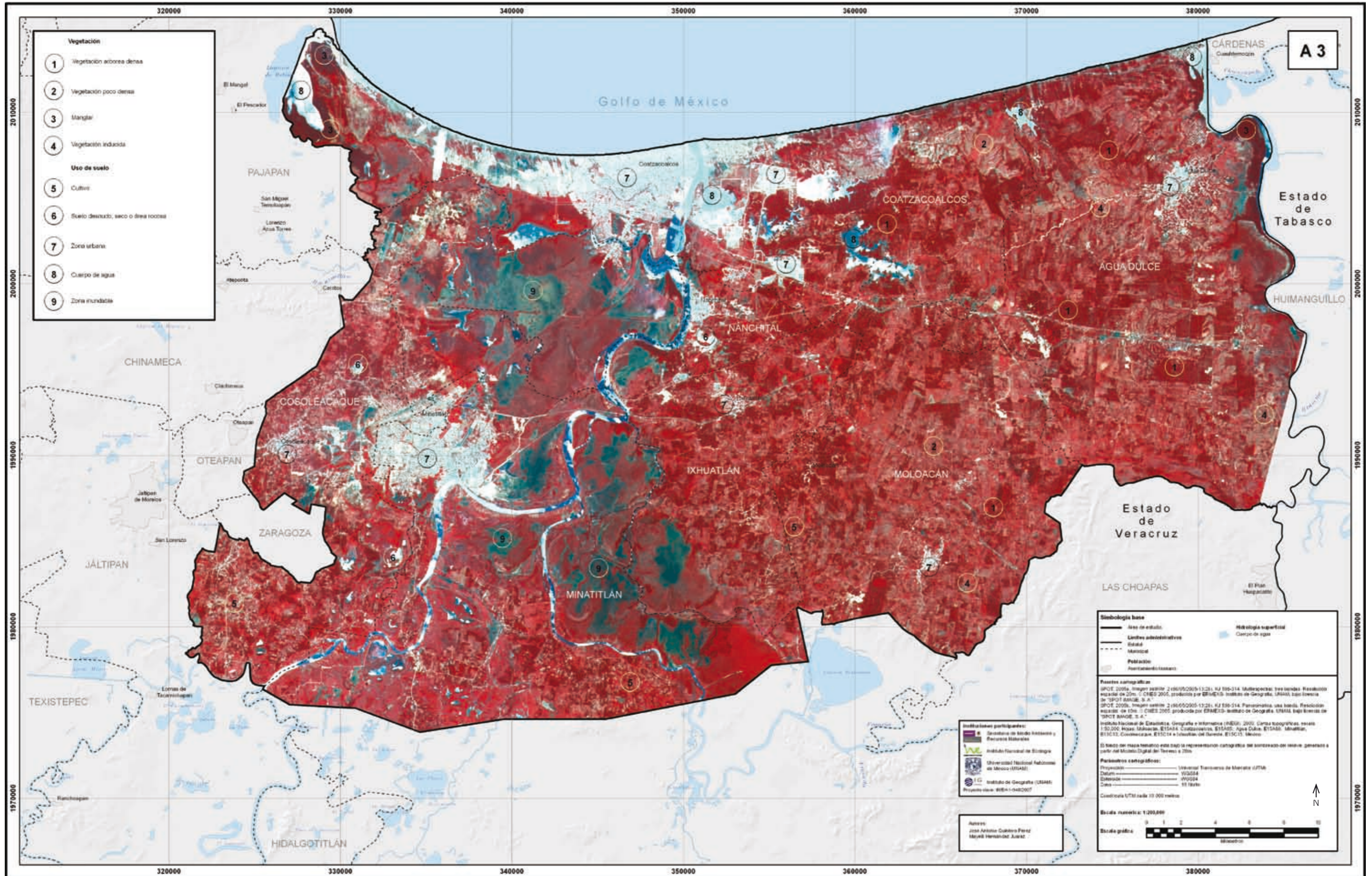
Bajo estos términos la interpretación visual de la imagen SPOT contribuyó a la localización y delimitación de los geosistemas de forma precisa para la posterior interpretación de su sensibilidad ante derrames de hidrocarburos en la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.

REFERENCIAS

- Jensen, J. R. 2000. Remote Sensing of the Environment, an Earth Resource Perspective. ISBN 0-13-489733-1. Prentice Hall Series in Geographic Information Science. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. USA.
- Lillesand, T. M. y R.W. Kiefer. 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Richards, J. A. y X. Jia. 1999. Remote Sensing; Digital Image Analysis. 3th edition. Springer-Verlag, Inc. New York, USA.
- SPOT. 2005a. *Imagen satélite 2 (06/05/2005-13:26)*, KJ 598-314, multiespectral, tres bandas, resolución espacial de 20 m. © CNES 2005, producida por ERMEXS-Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, bajo licencia de SPOT IMAGE, S. A.
- . 2005b, *Imagen satélite 2 (06/05/2005-13:26)*, KJ 598-314, pancromática, una banda, resolución espacial de 10 m. © CNES, producida por ERMEXS-Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, bajo licencia de SPOT IMAGE, S. A.

¹Laboratorio de Análisis Geoespacial, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. quintero@igg.unam.mx

Imagen SPOT



- Vegetación**
- 1 Vegetación arborea densa
 - 2 Vegetación poco densa
 - 3 Manglar
 - 4 Vegetación inducida
- Uso de suelo**
- 5 Cultivos
 - 6 Suelo desnudo, seco o área rocosa
 - 7 Zona urbana
 - 8 Cuerpo de agua
 - 9 Zona inundada

Simbología base

- Área de estudio
- Límites administrativos
- Ciudad
- Municipio
- Población
- Asentamiento tabasqueño

Simbología superpuesta

- Cuerpo de agua

Fuentes cartográficas:
 SPOT, 2006. Imagen satelital 2 (06/05/2005-13:25). HJ 310-314. Multiespectral. Resolución espacial de 20m. © CNRS 2005, producido por ERMEIS- Instituto de Geografía, UNAM, con licencia de "SPOT IMAGE, S. A."
 SPOT, 2006. Imagen satelital 2 (06/05/2005-13:25). HJ 310-314. Pseudocolor, una banda. Resolución espacial de 10m. © CNRS 2005, producido por ERMEIS- Instituto de Geografía, UNAM, bajo licencia de "SPOT IMAGE, S. A."
 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2005. Carta topográfica, escala 1:50,000. Hojas Edmundo, E15A4, Coatzacoalcos, E15A5, Agua Dulce, E15A6, Minatitlán, E15C13, Coahuacán, E15C14 e Ixhuatlán del Sureste, E15C15, México.

El fondo del mapa temático está basado en la representación cartográfica del catastro de suelo generado a partir del Modelo Digital del Terreno a 20m.

Participantes cartográficos:
 Proyecto: Universidad Tecnológica de Minatitlán (UTM)
 Datum: WGS84
 Extensión: WGS84
 Data: 15/10/06
 Coordenada UTM escala 10 000 metros

Escala numérica: 1:200,000

Escala gráfica

Instituciones participantes:
 Secretaría de Estado de Energía y Recursos Naturales
 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)
 Universidad Tecnológica de Minatitlán (UTM)
 Instituto de Geografía (UNAM)
 Proyecto: 06A1-04C007

Autores:
 José Antonio Ceballos Pérez
 Mayra Hernández Juárez

A.4. IMAGEN LANDSAT

**Raúl Aguirre Gómez¹ y
Olivia Salmerón García¹**

El procesamiento de imágenes digitales involucra la manipulación e interpretación, con apoyo computacional, de datos provenientes de sensores remotos. La idea central detrás del procesamiento digital es simple, la computadora se puede programar para introducir los datos de la imagen digital en una ecuación o series de ecuaciones y transformarlos en información lista para ser analizada por un experto. Las características espectrales de las imágenes digitales permiten desplegarlas como compuestos de colores aditivos, utilizando los tres colores espectrales primarios: rojo (R), verde (G) y azul (B), combinación conocida como RGB. Este procedimiento es usado ampliamente en el procesamiento digital para desplegar la información en combinaciones de color normal, falso color y color arbitrario. En particular, la combinación en falso color de las imágenes Landsat ETM+ (Mapeador Temático Realzado) tiene lugar cuando se combinan las bandas 4, 3 y 2 a sus respectivas componentes RGB.

Las combinaciones RGB nos permiten observar con facilidad la presencia de vegetación y cuerpos de agua, gracias a sus características espectrales. Es posible, por un lado, diferenciar vegetación saludable de

senescente y, por otro lado, aguas claras de contaminadas.

Con respecto a los hidrocarburos, en principio, es posible detectar la presencia de películas de grasas o aceites en cuerpos de agua, aunque la fotografía aérea óptica ha sido más ampliamente utilizada para este fin. Dicha detección depende del tiempo de residencia de los hidrocarburos y de la extensión que cubran.

El presente mapa muestra una imagen Landsat con el sensor ETM+ del año 2000 (Landsat, 2000) en la que se puede apreciar una combinación RGB en falso color. Dicha combinación fue creada con las bandas infrarroja (780-900 nm), roja (630-690 nm) y verde (530-610 nm). De esta manera, los elementos más conspicuos de la señal infrarroja aparecerán en rojo, los elementos con mayor respuesta en el rojo tendrán tonalidades en verde, y finalmente los elementos preponderantes en la señal verde aparecerán en azul. Los elementos con componentes en azul serán negros al no tener un canal asignado.

En una imagen ETM+ y con este tipo de combinación se puede apreciar la vegetación en rojo debido a la alta reflectancia de la misma en el infrarrojo; mientras más brillante sea el rojo más sana y densa es la vegetación (1). Los cuerpos de agua en negro o azul oscuro; si el cuerpo es de agua clara y profunda aparece en negro, mientras que si es somero o con mucho sedimento presenta tonos azul oscuro; bajo ciertas circunstancias, el agua también puede aparecer en blanco (2 y 3). Las zonas urbanas se representan en tonalidades azul-gris (4), las nubes en blanco con sombras características (5), los humedales en tonos verdes (6) y los suelos con poca o sin vegetación en tonalidades de blanco

(arena) a verdes y cafés, dependiendo de la humedad y el contenido de materia orgánica que tengan.

Aparte de la tonalidad, la textura es importante para reconocer diferencias en la imagen. En el rubro de vegetación, las zonas de cultivo son reconocibles por su estructura geométrica (con un patrón de pequeños rectángulos), mientras que las zonas de selva, matorral o pastizales no tienen una estructura definida. La presencia de zonas de cultivos se aprecia claramente en la región de Agua Dulce y hacia el sur de la imagen, mientras que la zona norte presenta selvas, pastizales y matorrales, principalmente en la ribera del río Coatzacoalcos.

Las zonas urbanas se distinguen por las líneas correspondientes a calles y avenidas, de las ciudades de Coatzacoalcos y Minatitlán principalmente. Los afluentes, meandros y el cauce principal del río Coatzacoalcos se diferencian también por sus rasgos sinuosos. El patrón de la nubosidad es globular y las sombras asociadas son un referente importante en su identificación, la cual permite excluirlas del análisis territorial.

REFERENCIAS

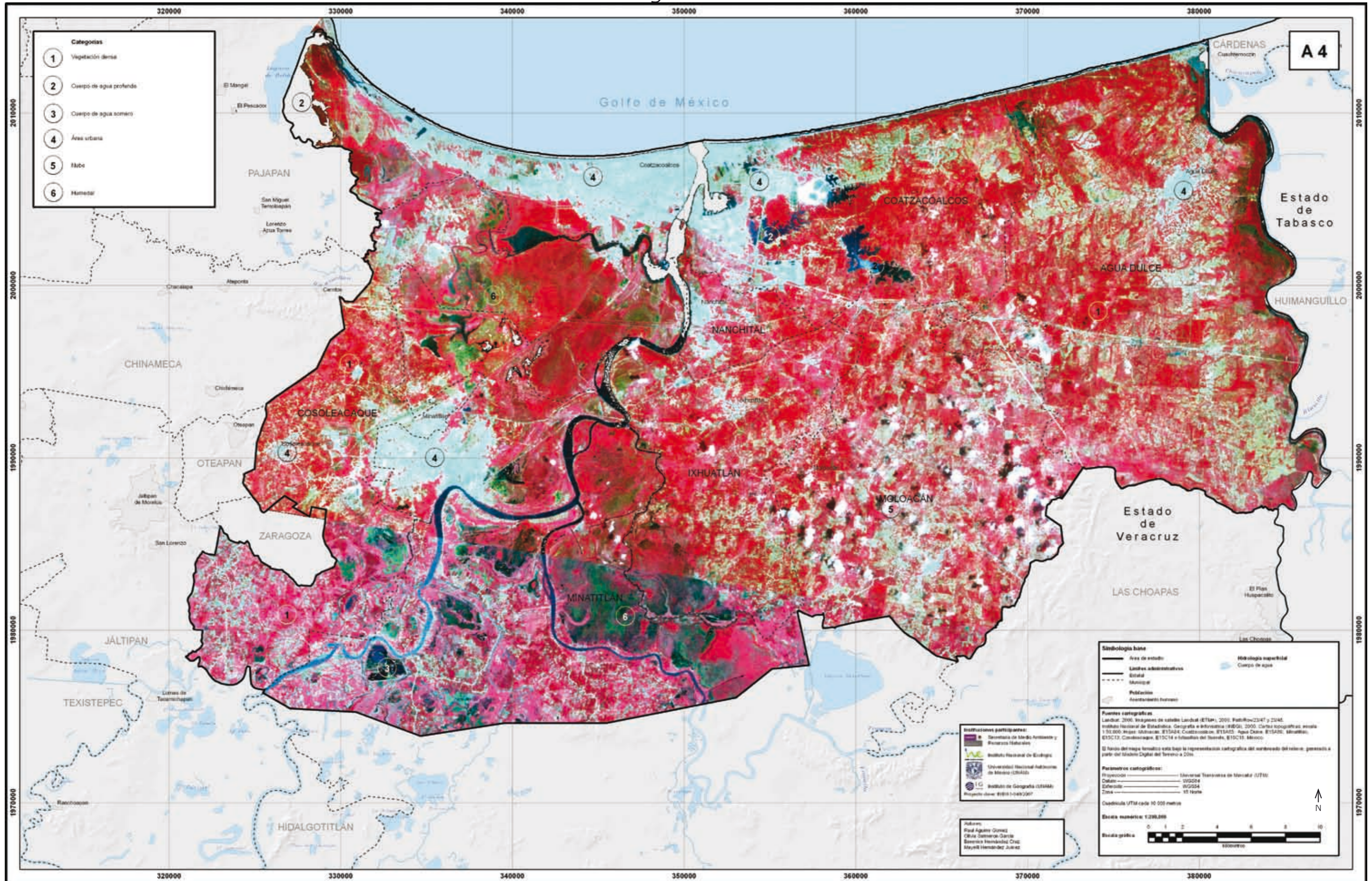
Landsat, 2000. Imágenes de satélite Landsat (ETM+), 2000. Path/Row 23/47 y 23/48.



Puesta de sol desde el malecón de Coatzacoalcos, Ver. (cortesía de Mayelli Hernández)

¹Laboratorio de Análisis Geoespacial, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. raguirre@igg.unam.mx

Imagen Landsat



- Categorías**
- 1 Vegetación densa
 - 2 Cuerpo de agua profunda
 - 3 Cuerpo de agua somero
 - 4 Área urbana
 - 5 Híbrido
 - 6 Húmedo

Simbología base

- Área de estudio
- Límites administrativos
- Estatal
- Municipal
- Población
- Asentamientos humanos
- Hidrología superficial
- Cuerpo de agua

Fuentes cartográficas

Landsat, 2006. Imágenes de satélite Landsat (ETM+, 2000; Path/Row=223/47 y 224/48). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2000. Cartas topográficas escala 1:50,000. Hojas: Oahuac, E15A24, Coatzacoalcos, E15A25, Agua Dulce, E15A26, Minatitlán, E15C13, Cosoleacaque, E15C14 e Ixcatlán del Sur, E15C15, México.

El fondo del mapa formado está bajo la representación cartográfica del relieve del terreno, generada a partir del Modelo Digital del Terreno a 20m.

Parámetros cartográficos:

Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Datum: WGS84
 Esfera: WGS84
 Zona: 15 Norte

Cuadrícula UTM cada 10 000 metros

Escala numérica: 1:250,000

Equivalencia gráfica

0 1 2 4 6 8 10
 Kilómetros

Instituciones participantes:

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Instituto Nacional de Ecología
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Instituto de Geografía (IGM)
- Proyecto de tesis: 9189-1-049-2007

Autores:

- Fred Aguilar Quiroz
- Olivera Guzmán García
- Beverly Hernández Cruz
- Mayra Hernández Juárez

B.1. PENDIENTE DEL TERRENO

Oralia Oropeza Orozco¹

La inclinación del terreno constituye un factor esencial que controla o interviene en la sensibilidad ambiental a los efectos producidos por los derrames de petróleo. La pendiente se relaciona con la morfología y dinámica de todas las formas del relieve; prácticamente todas ellas tienen un umbral límite que las clasifica o jerarquiza de acuerdo a su geometría; es decir, la pendiente constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno. En este contexto, existen intervalos bien definidos para describir la pendiente (Lugo, 1988, Pedraza, 1996). Asimismo, los análisis de la pendiente se aplican con diversos fines; por ejemplo, para determinar la capacidad agrológica de los suelos, en obras ingenieriles (aeropuertos, carreteras, urbanizaciones, sistemas de alcantarillado) o en geomorfología (en relación con fenómenos de erosión e inestabilidad de laderas). En este caso, aunque existen intervalos ya establecidos para los índices de sensibilidad ambiental (NOAA, 2002), se eligieron categorías más convenientes para la zona de estudio que es predominantemente plana.

El presente mapa tiene como objetivo principal mostrar la distribución espacial de los diferentes grados

de pendiente del terreno, puesto que representa una de las variables esenciales relacionada con la dispersión de los derrames de hidrocarburos.

De acuerdo con los rasgos observados en el relieve, se definieron las siguientes cinco categorías de pendiente: plana (de 0° a 1°), ligeramente suave (de 1° a 3°), suave (de 3° a 5°), moderada (de 5° a 15°) y fuerte (mayor a 15°) (MOPUT, 1991). Posteriormente, se utilizó el mapa topográfico, escala 1:50 000, con curvas de nivel cada 10 metros (INEGI, 2000) para elaborar el mapa de pendientes a partir del modelo digital del terreno (MDT) (Quintero y Hernández, 2007).

Como ya se mencionó, la zona de estudio pertenece a la provincia de la Llanura Costera del Golfo Sur, en particular a la subprovincia de la Llanura Costera Veracruzana, la cual se caracteriza por llanuras y planicies cubiertas de sedimentos de origen fluvial, lacustre, palustre y eólico, así como por lomeríos suaves y tendidos y colinas de areniscas y lutitas (INEGI, 1988). Dicha subprovincia, a su vez, pertenece a la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.

Por lo anterior, dominan en esta región las planicies con pendiente plana (de 0° a 1°) (67% del área de estudio), lo cual favorece que se encuentren permanentemente inundadas o se inundan durante la temporada de lluvias. Los terrenos con esta característica se extienden prácticamente por toda el área, aunque la superficie más importante se encuentra hacia el centro-oeste. Por otra parte, esta categoría también se relaciona con las cimas de las colinas y con niveles de terrazas antiguas.

Las dos siguientes categorías de inclinación del terreno, ligeramente suave (de 1° a 3°) y suave (de 3° a 5°), muestran una correspondencia con superficies inclinadas (*glacis*); en sección transversal son rectas o ligeramente cóncavas. La parte inferior de este relieve es la que tiene la pendiente ligeramente suave pues se incrementa la acumulación de sedimentos en la base, debido a la erosión laminar. Por su parte, la pendiente catalogada como suave pertenece a la parte superior que se asocia con los campos de dunas y cordones



Manglares del río Copalápa, entre el límite de los municipios de Coatzacoalcos y Nanchital, Ver. (cortesía de Mayelli Hernández)

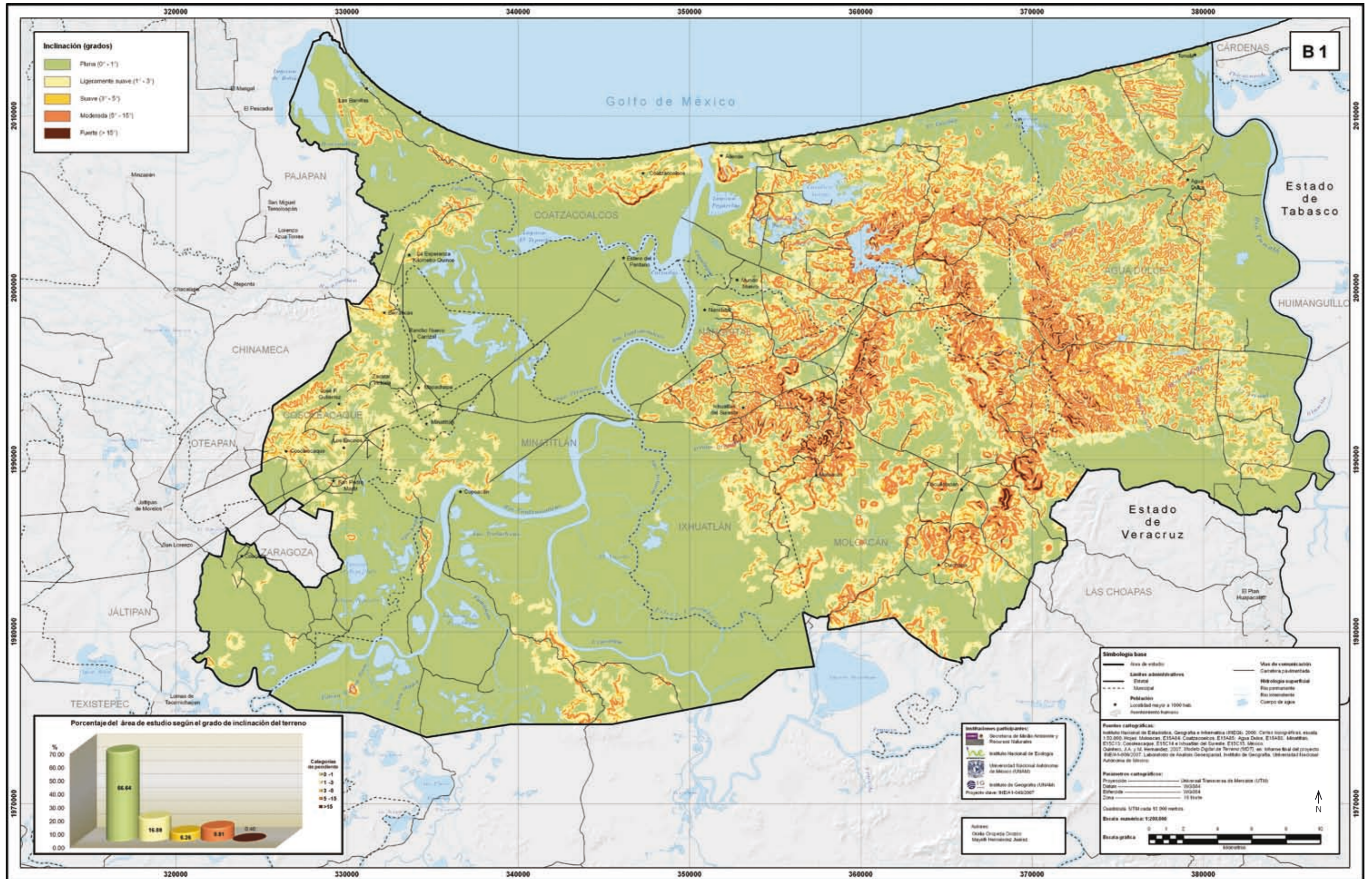
litorales, así como con los lomeríos, colinas y laderas de elevaciones menores. La distribución más amplia de ambos grupos de pendiente se presenta hacia el centro-este, próxima a la costa y en pequeñas porciones del oeste y sur de la zona de estudio. Del total, las áreas de pendiente ligeramente suave cubren un 17% y las de pendiente suave 6%.

Las áreas de pendiente moderada (de 5° a 15°) abarcan el 10% de la zona de estudio y prácticamente corresponden a las laderas de lomeríos, colinas suaves y elevaciones menores, cuyo escurrimiento superficial se considera de lento a medio. El relieve con estas características se distribuye hacia el centro-este, entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá. Otras áreas de menor

extensión con este valor de inclinación se encuentran hacia el norte, noroeste, oeste y sur del área de estudio. El menor porcentaje de superficie (0.4% aproximadamente) corresponde a las pendientes fuertes con más de 15°, las cuales se presentan en laderas superiores de colinas, así como en escarpes del sector oriental donde el terreno es más abrupto; en este último caso el escurrimiento superficial es más rápido. Asimismo, en las ciudades de Coatzacoalcos y Allende el relieve se manifiesta con este valor de pendiente y se relaciona con antiguas dunas costeras sepultadas por las construcciones urbanas. En este mapa sólo se puede apreciar este valor al suroeste de Allende.

¹ Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. orooro@igg.unam.mx

Pendiente del terreno



Para la evaluación de la sensibilidad ambiental a los efectos por derrames de petróleo se consideraron los siguientes criterios: a mayor pendiente del terreno se espera mayor dispersión del petróleo; asimismo, en terrenos más accidentados se espera mayor dificultad de acceso y por tanto mayor dificultad de limpieza del derrame. No obstante, al aplicar los criterios anteriores, la pendiente no resultó una variable significativa y directa para la zona de estudio dado que predominan las pendientes planas y suaves. A pesar de ello, se puede señalar que la pendiente influye indirectamente sobre la vulnerabilidad de las zonas planas, ya que favorece que el terreno permanezca inundado o sea susceptible a inundarse y que, por este exceso de humedad, se facilite

la corrosión de los ductos y aumenten las posibilidades de que suceda un derrame.

En las zonas donde la pendiente es moderada y fuerte, los derrames pueden alcanzar mayores distancias pues la velocidad de dispersión del petróleo se incrementaría, y con ella la vulnerabilidad de los geosistemas que albergan.

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1988. *Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de Veracruz*. México.

———. 2000. *Cartas topográficas*, escala 1:50 000, Hojas: Moloacán, E15A84; Coatzacoalcos, E15A85; Agua Dulce,

E15A86; Minatitlán, E15C13; Cosoleacaque, E15C14; Ixhuatlán del Sureste, E15C15. Aguascalientes, México.

Lugo, H. J. I. 1988. *Elementos de Geomorfología Aplicada. (Métodos cartográficos)*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPUT). 1991. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología*. Tercera Edición. Madrid, España.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2002. *Technical Memorandum NOS OR&R 11. Environmental Sensitivity Index Guidelines, Version 3.0*. <http://archive.orr.noaa.gov/esi/guidelines/guidelines.html>, consultado en septiembre de 2007.

Pedraza, G. J. 1996. *Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones*. Editorial Rueda, Madrid, España.

Quintero, J.A. y M. Hernández. 2007. *Modelo Digital de Terreno (MDT)*. En: Cram, S., R. Aguirre, M. Hernández, N. Martínez, O. Oropeza, J. A. Quintero, O. Salmerón, I. Sommer, M. A. Ortiz y T. Sánchez. 2007. *Elaboración de una Metodología para la Identificación de Sitios Ambientalmente Sensibles a los Efectos por Derrames de Hidrocarburos (INE/A1-009/2007)*. Informe final. Instituto Nacional de Ecología e Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México.

B.2. GEOLOGÍA

Mario Arturo Ortiz Pérez¹

El presente mapa geológico representa los ambientes sedimentarios de la región de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá y muestra la distribución y las relaciones estructurales de las rocas. Se justifica porque es necesario conocer la naturaleza y comportamiento del sustrato litológico en relación con el problema de los derrames de hidrocarburos.

Su objetivo es examinar la distribución de las relaciones horizontales de los diversos contactos y afloramientos de rocas, así como el arreglo de los contactos verticales en función de la estratigrafía, considerando el marco ambiental sedimentario de los depósitos recientes.

El mapa se construyó a partir de la verificación en campo y de la información extraída de los mapas geológicos de INEGI, escala 1: 250 000 (SPP, 1983 y 1984). Además del apoyo de fuentes bibliográficas.

En la zona de estudio afloran tres unidades de tipos de rocas bien diferenciadas, las cuales corresponden a tres ambientes distintos que se aglutinan por su edad y origen. De esta manera, de la unidad más reciente a la más antigua, se identifican ambientes de depósitos fluviales junto con los depósitos eólicos de ambiente costero del Cuaternario (Q) y, con una posición cronoestratigráfica

más antigua, se tiene a los sedimentos del Mioceno (Tm), junto con sedimentos del Jurásico (J) que afloran en una superficie muy pequeña.

Los depósitos cuaternarios recientes de origen fluvial (Q) son aportados por las cuencas de las corrientes del río Coatzacoalcos y río Uxpana; estos ríos desembocan y desbordan en la tierras bajas de las planicies de inundación, enriqueciéndolas con los sedimentos del aluvionamiento. A su vez, la sedimentación renovada de tales depósitos retroalimentan el proceso de hundimiento del terreno en esta porción de la cuenca (Benavides, 1956).

Los depósitos cuaternarios recientes de origen eólico consisten de sedimentos de playas y cordones litorales de playas antiguas que son reelaboradas por los vientos, principalmente con las tormentas de los Nortes, propiciando el avance de los campos de dunas tierra adentro. Los depósitos en cuestión se distribuyen a todo lo largo de la franja costera desde la Laguna del Ostión, en el extremo poniente, hasta la desembocadura del río Tonalá, en el extremo oriente del área de estudio. El manto de arenas llega en ocasiones a extenderse hacia la porción continental hasta unos 6 km, pero con capas y láminas de arena con espesores delgados menores al metro, que cubren la topografía baja del paisaje. En el ambiente costero, por el contrario, domina la erosión con la destrucción evidente de playas y cordones y desde luego el desmantelamiento de dunas con una modificación reciente que no ocurría en el pasado. Esto se debe a que las geoformas acumulativas del litoral se han modificado, lo que se interpreta como una consecuencia del cambio climático que se traduce en un ascenso del nivel del mar y un avance de la influencia marina sobre la franja costera (comportamiento transgresivo).

La unidad de rocas de los depósitos sedimentarios del Mioceno y Jurásico, de origen marino-costero en proceso de denudación (Tm y J), consiste de una secuencia de arenas y lutitas sedimentadas en un ambiente de mares de aguas someras y del litoral; esto se deduce de las características de textura, empaque, y arreglo/

disposición, de las cuales se puede interpretar que su acumulación ocurrió en un régimen sujeto a los vaivenes de eventos transgresivos y regresivos de la línea de costa durante largos períodos de tiempo. Posteriormente, al finalizar el Mioceno y en el transcurso del Plioceno y del Pleistoceno, estos sedimentos emergieron en forma de un amplio bloque o pilar debido a la acción de una tectónica de compresión que formó pliegues suaves, mismos que, aunados a la presencia de domos de sal y de arcilla, terminan por elevar el terreno.

Desde el enfoque geológico, se identifica a esta secuencia de rocas como la unidad cronolitoestratigráfica formación Paraje Solo, la cual está profusamente distribuida en la parte norte de la Cuenca Salina del Istmo (Márquez *et al.*, 1964) que, en la zona de estudio, cubre una gran parte comprendida entre los ríos Coatzacoalcos, Tonalá y Uxpanapa. Generalmente, se le observa descansando sobre la formación Filisola y está cubierta, en discordancia algunas veces, por la formación Agueguexquite.

En su descripción de la columna correspondiente a la formación Paraje Solo, Benavides (1956) distingue dos partes:

- a) La superior, formada por areniscas de grano grueso a fino, de color gris y gris parduzco, interestratificadas con arcillas de color gris azulado, más o menos carbonosas. Su parte inferior presenta lechos de lignitas, de más de 50 cm de espesor, en ocasiones, con hojas fósiles y restos de vegetales carbonizados, por lo que a esta parte se le llama Serie Lignítica del Paraje Solo. A su vez, en la parte inferior de la Serie Lignítica hay lechos fosilíferos con gasterópodos y pelecípodos, y gran cantidad de ceniza volcánica. La especie de fósil más común es *Ostrea*.
- b) La inferior, la forman areniscas compactas de grano grueso gris y gris pardo, interestratificadas con arcillas; seguidas de un lecho fosilífero y después por areniscas de grano grueso laminadas con arcilla y material lignítico. Los horizontes ligníticos son

bastante constantes. Las arenas y lignitas representan depósitos estuarinos de textura relativamente uniforme y de amplia distribución. La fauna que contiene corresponde a aguas poco profundas. Los foraminíferos son más bien escasos y no se conoce ninguna especie característica.

El espesor de la formación Paraje Solo por lo común varía de 300 a 600 m. Solamente en uno de los pozos de la Cuenca Salina, el Arroyo Prieto no. 1, el espesor es considerablemente más alto, del orden de los 1400 m.

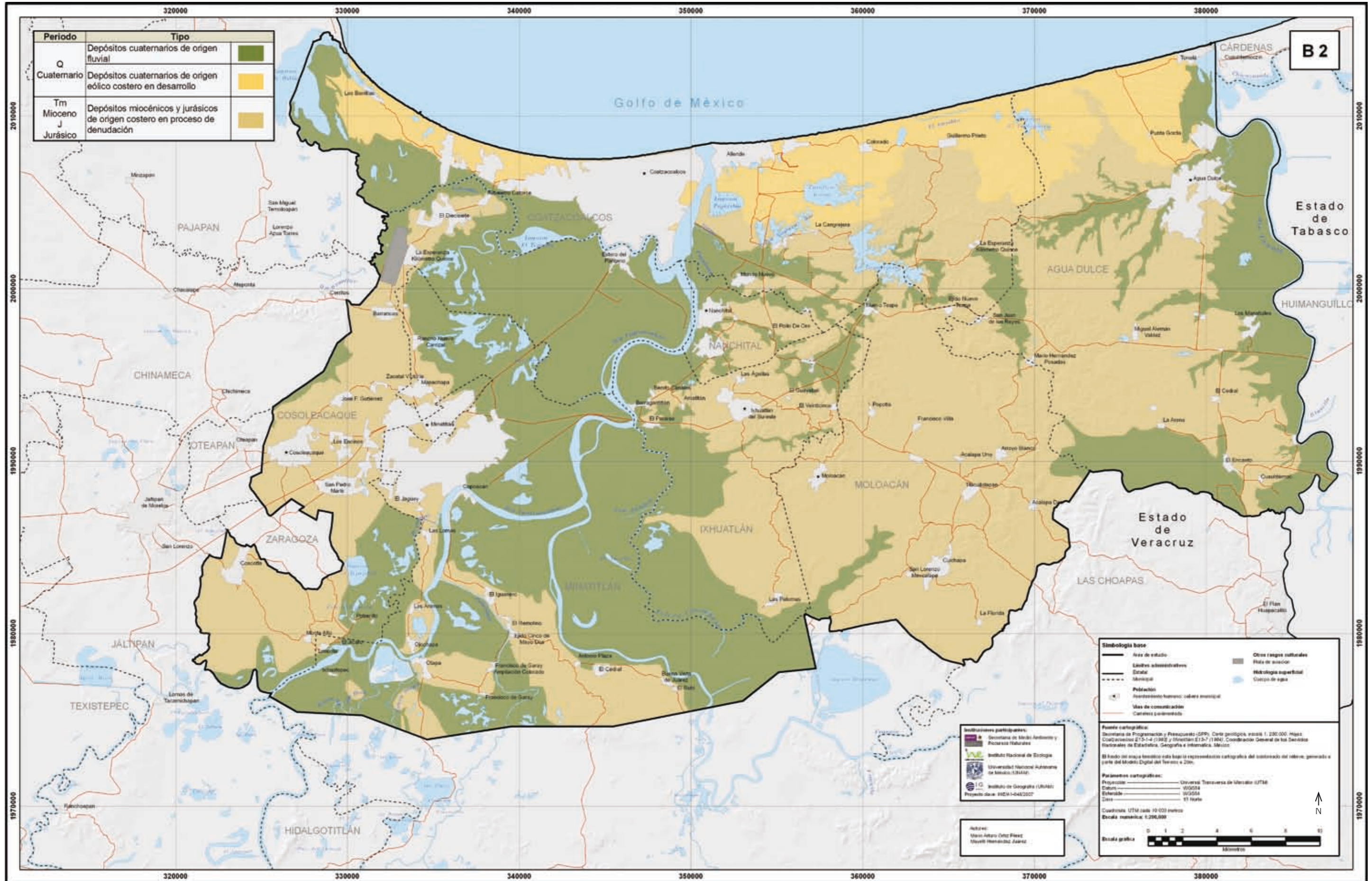
Las unidades de rocas aquí descritas, que representan a los depósitos sedimentarios relacionados íntimamente con los flujos acuosos, son muy susceptibles de ser afectadas por los derrames de petróleo crudo.

REFERENCIAS

- Benavides, L. 1956. Descripción de las provincias petroleras en: XX Congreso Geológico Internacional. *Symposium sobre Yacimientos de Petróleo y Gas América del Norte*. Tomo III. Págs. 366-562.
- Márquez, A., M. Viveros y R. Serna. 1964. Depósitos de Sal y Azufre en la Cuenca Salina del Istmo. *Boletín 64 Consejo de Recursos Naturales No Renovables*. México.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1983. *Carta geológica*, escala 1: 250 000, Hoja: Coatzacoalcos, E15-1-4. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.
- . 1984. *Carta geológica*, escala 1: 250 000, Hoja: Minatitlán, E15-7. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. maop@igg.unam.mx

Geología



B.3. REGIONALIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA

**Mario Arturo Ortiz Pérez¹ y
Oralia Oropeza Orozco¹**

El mapa geomorfológico se utiliza para establecer de forma clara y concreta la distribución y la configuración espacial de los elementos y componentes más significativos del paisaje.

El paisaje geomorfológico es un ensamble de unidades naturales homogéneas. Vistas desde su geología, relieve y drenaje superficial, son los elementos y los componentes principales que guían y dan sentido a la uniformidad relativa de cada estructura espacial. De esta manera, la identificación de las unidades del paisaje supone una regularidad interna que es el resultado de los procesos formadores del mismo (clima, relieve, hidrología, bioprocesos y actividades humanas, entre otros más). La fisonomía resultante del paisaje constituye la unidad de terreno reconocible y diferenciable de otras vecinas.

En el presente mapa se muestra la regionalización geomorfológica para determinar el contexto y escenario del paisaje donde tienen lugar los derrames de petróleo. La sensibilidad del paisaje se manifiesta en términos de su estructura espacial, considerando la posible dispersión del derrame o, por el contrario, la concentración del contaminante por reclusión natural.

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. maop@igg.unam.mx

El propósito de este mapa se centra en reconocer:

- En qué terrenos tienen lugar procesos y efectos físicos específicos de los derrames.
- En dónde se establece una serie de interacciones, con dinámicas propias, entre el ambiente y las actividades humanas y de otros organismos.
- Cuál es el marco en que se asienta y se da soporte a un conjunto de seres vivos pertenecientes a diversas especies.

El levantamiento de la cartografía geomorfológica consistió en la interpretación de fotografías aéreas diversas que cubren el área de estudio. La cantidad y calidad de la información que se obtuvo se deriva de la relación de los siguientes pasos metodológicos:

- 1) Se establece la identidad de los objetos y elementos detectados en las imágenes y se clasifican y ordenan jerárquicamente.
- 2) Se lleva a cabo el reconocimiento, diferenciación y delimitación de la morfología del terreno, examinando los procesos morfogenéticos a través de claves analíticas e indicadores inherentes al modelado del paisaje.
- 3) Se efectúa la identificación de los patrones de diseño de la red hidrográfica y se averigua su significado en términos del grado de disección, profundidad y grado de control estructural que ejerce la geología y presencia de modelos de erosión, de formas de acumulación y mixtos.
- 4) Se relaciona la topografía (hipsometría y pendiente del terreno) y la longitud de laderas con la disposición de la estructura geológica-geomorfológica mediante la técnica de superposición de capas, a fin de crear una caracterización compuesta de mayor evidencia del relieve.
- 5) Se identifican los niveles base locales de la red hidrográfica en función de su altura, posición en el

relieve y la dirección de los flujos (unidireccionales, polidireccionales, de dobles sentidos, de reflujo, interconexiones laterales y verticales), como una referencia de integración funcional de los tipos de interacción que le imprimen una dinámica propia al paisaje geomorfológico.

- 6) Se relacionan los usos del suelo y la infraestructura con la técnica de superposición, en función de la distribución del paisaje geomorfológico, con el objeto de visualizar e identificar problemas del impacto potencial y la incompatibilidad de las características geomorfológicas del paisaje con el uso del suelo, el tipo de desarrollo, el trazo espacial del proyecto y la infraestructura.

El primer logro fue establecer el marco espacial, lo cual permitió distinguir tres sistemas naturales a los que se asocian 19 unidades de paisaje geomorfológico. Sin duda, los paisajes de la región de Coatzacoalcos-Tonalá se caracterizan por la clara diferenciación físico-geográfica, impuesta por la diversidad morfológica contrastante. De esta manera, se identifican las siguientes formas: 1) las llanuras fluviales y de inundación, 2) las elevaciones de distintas alturas y 3) las pendientes drenadas por una red hidrográfica de arreglo conforme a los diferentes escenarios geomorfológicos y de diverso origen. Si se considera esta relación, se distinguen por lo menos los siguientes seis tipos de relieve dominantes: 1) la costa con campos de dunas y cordones, 2) los valles con planicies de inundación, 3) las superficies llanas de mesas o mesetas, 4) las rampas de piedemonte, 5) las laderas de elevaciones y los lomeríos y 6) las planicies acumulativas residuales.

El análisis del paisaje, a pesar de desarrollarse bajo un mismo clima, permitió conocer la estructura espacial del territorio en donde, como ya se mencionó, se reconocen tres dominios de procesos geomorfológicos a los cuales se subordinan los 19 paisajes.

A pesar de la escasa amplitud vertical del relieve y los declives de pendiente suave, existe una amplia diversidad

de paisajes. Sin embargo, parte de esta diversidad impone el contraste en la asimilación económica por los nuevos usos del suelo, el deficiente manejo de los recursos naturales y el crecimiento urbano sin control que se expande indiscriminadamente. Este deterioro, que se ejerce principalmente sobre los paisajes de lomeríos, las planicies acumulativas y las rampas de piedemonte, es aparentemente insignificante; pero debido a su carácter acumulativo, con el tiempo genera cambios profundos y dañinos en los sistemas naturales, particularmente en los terrenos comprendidos entre Allende, Nanchital y Agua Dulce.

En el ambiente ripario y de humedales de las planicies de inundación se encuentra gran parte de la infraestructura de la conducción de hidrocarburos, (red de ductos) y en sus límites se asientan las industrias, particularmente los desarrollos petroquímicos. De acuerdo con Botello y Toledo (1996), los desechos propios de las industrias son vertidos al ambiente y han afectado la productividad biológica del sistema fluvial y las áreas circundantes. El crecimiento de la industria y de la población se traduce en una explosión incontrolada de asentamientos humanos que repercuten en la calidad del agua, toda vez que los desechos industriales y domésticos no tratados constituyen un problema de salud pública. Zavala (1996), señala una serie de acciones concretas para mitigar estos problemas, entre las que se cuentan: desazolvar los cauces naturales; evitar que tuberías y terracerías obstruyan el drenaje natural; modificar el sistema de alcantarillas de carreteras y terracerías en los campos petroleros con obras de paso, puentes y drenes de influencia local; y evitar, para el caso del río Tonalá, las descargas de aguas saladas con hidrocarburos de la petroquímica La Venta, ya sea inyectando el agua salada a los domos salinos a través de pozos improductivos o desalinizando el agua antes de descargarla en los cuerpos de agua y humedales. Sugiere además realizar un estudio detallado del contexto hidrogeomorfológico y la topografía superficial circundante a cada uno de los pozos y las presas de descarga y de avituallamiento, para

protegerlos con un bordo perimetral y evitar el derrame de contaminantes durante las avenidas extraordinarias en los sitios vulnerables.

En resumen, se puede decir que esta zona representa el caso más extremo de desequilibrio entre el desarrollo industrial y la conservación del medio de las zonas costeras de México.

Por su parte, la franja de la zona costera está sometida a la energía de un comportamiento transgresivo por ascenso del nivel del mar y muestra, por lo tanto, problemas de erosión y destrucción activa de playas, principalmente en la época de Nortes. En esta época la remoción de las arenas de los campos de dunas y cordones, junto con el transporte por el viento de sal pulverizada sobre los primeros cinco kilómetros de tierra adentro, generan un ambiente altamente corrosivo. También existen sitios con relativo valor natural, como son pequeños humedales, terrazas acantiladas, campos de dunas y cordones litorales; estos lugares muestran una singular belleza escénica, ofrecen servicios ambientales básicos y mantienen comunidades vegetales en cierto estado de conservación, lo cual avala la implementación de estrategias de manejo que garanticen su preservación.

De acuerdo a los resultados de la regionalización se distinguen tres dominios de procesos geomorfológicos: 1) modelado acumulativo de los sistemas de llanuras fluviales y de piedemonte, 2) relieve denudativo-erosivo de colinas, lomeríos y mesetas, y 3) ambiente costero. De ellos los más susceptibles de ser afectados por los derrames de petróleo crudo son el primero y el tercero, dado que el agua juega un papel determinante en la combinación de procesos dinámicos que propician una mayor o menor movilización y dispersión de los derrames de petróleo crudo. En ambos y dentro de cada grupo, hay a su vez variaciones de paisajes geomorfológicos y, por ende, cambios en el comportamiento de los derrames.

Un dominio más pertenece al modelado antropogénico. De éste, las canchales y bancos de préstamo de material que, si bien provocan la alteración prácticamente total del relieve, constituyen

receptáculos que podrían utilizarse eventualmente para confinar el petróleo crudo derivado de los derrames. A lo largo de estos sitios se han presentado amplios y numerosos movimientos de tierra que dejan montículos, bordos, bajos, depresiones residuales, que modifican la topografía original. Es evidente que una mayor frecuencia y densidad de terrenos alterados por la extracción de material posibilita, como ya se mencionó, su utilización ocasional.

ESTRUCTURA CONCEPTUAL Y JERÁRQUICA DE LA LEYENDA DEL MAPA

1) Modelado acumulativo de los sistemas de llanuras fluviales y piedemonte

1.1) Bancos, islas y bajos del lecho ordinario

Constituyen depósitos longitudinales generados como producto de la carga del río. Son de textura arenosa y están sujetos a la acumulación en los niveles bajos y a la erosión por los flujos de crecida y a pleno bordo.

1.2) Riberas, bordos, márgenes de la corriente, diques naturales y orillas (*river levee*)

Son depósitos fluviales de sedimentos arenosos y limo-arcillosos que se extienden en dirección longitudinal y lateral al río, formando una franja de terreno bien drenado. La posición topográfica de las riberas es la de mayor altura, éstas sobresalen del resto de los elementos de las llanuras de inundación, con excepción de las terrazas que pueden tener una altura mayor. Representan la fracción de arenas gruesas de las fases de desborde. Durante el estiaje, los niveles bajos o moderados del escurrimiento pierden competencia con el trabajo de la fricción mecánica con la superficie de las márgenes y lechos fluviales, de manera que los sedimentos finos se acumulan.

1.3) Planicie de inundación con manglar

Corresponde a las planicies donde el proceso más significativo son los cambios diarios de elevación y descenso de las corrientes de marea. Dada la marea viva, el flujo de derrame (*overflow*) se difunde de forma tangencial o mantiforme generalizada; es decir, no se concentra a lo largo de un vector. La cubierta vegetal permite la retención del material, especialmente los pastos y la densa red de plántulas de mangle que atrapan sedimentos. Representa un medio de baja energía física en donde la fracción limosa suspendida tiende a depositarse.

1.4) Planicie de inundación fluvial

Tiene dos fuentes o modos de inundación, una por desborde y otra cuando el acuífero se halla muy cercano a la superficie y la corriente es influente y cede agua que satura los terrenos adyacentes. Los depósitos son típicamente areno-arcillosos con clasificación heterométrica, debido a inclusiones de arenas gruesas y gravas dispersas o localmente concentradas.

1.5) Bajial o cubeta de decantación (ambiente de ciénaga o de pantano de cuenca)

Es el terreno más bajo del sistema de planicie fluvial y deltáica, su topografía es llana y de suave perfil cóncavo. Es un medio de muy baja energía física, inundado de manera permanente o estacional. El proceso dominante producido por las aguas estancadas es el depósito de sedimentos finos por decantación de arcillas y limos. La textura es arcillosa, generalmente con poco más de 60% de fracción fina (< 2 mm de diámetro) y otras veces con alrededor del 50 a 60% de contenido similar de limo y arcilla. La estructura del depósito es en capas finas paralelas, la cual refleja una acumulación rítmica. Esta estructura sella la superficie del fondo y reduce la infiltración o permeabilidad, por lo tanto, esta área presenta un drenaje deficiente.

1.6) Llanuras altas de inundación o terrazas fluviales de inundación excepcional

Incluyen terrenos sujetos a avenidas extraordinarias de largo periodo de retorno (50 años o más), que se desbordan sobre alturas entre 1 y 4 m. Constituyen principalmente depósitos limo-arenosos y limo-arcillosos. Usualmente sus suelos son dedicados a la agricultura.

1.7) Rampas de piedemonte o *glacis* acumulativos

Por su posición y distribución, constituyen planicies de transición que se articulan con las porciones altas de lomeríos y los planos de inundación de los ríos Coatzacoalcos, Uxpanapa y Tonalá. Son llanuras ligeramente inclinadas que se extienden desde la base de las laderas de los lomeríos hasta las llanuras de inundación, formando depósitos de carácter deluvial. Carecen de rasgos erosivos y son estables desde el punto de vista morfodinámico, por lo que permiten el desarrollo de suelos.

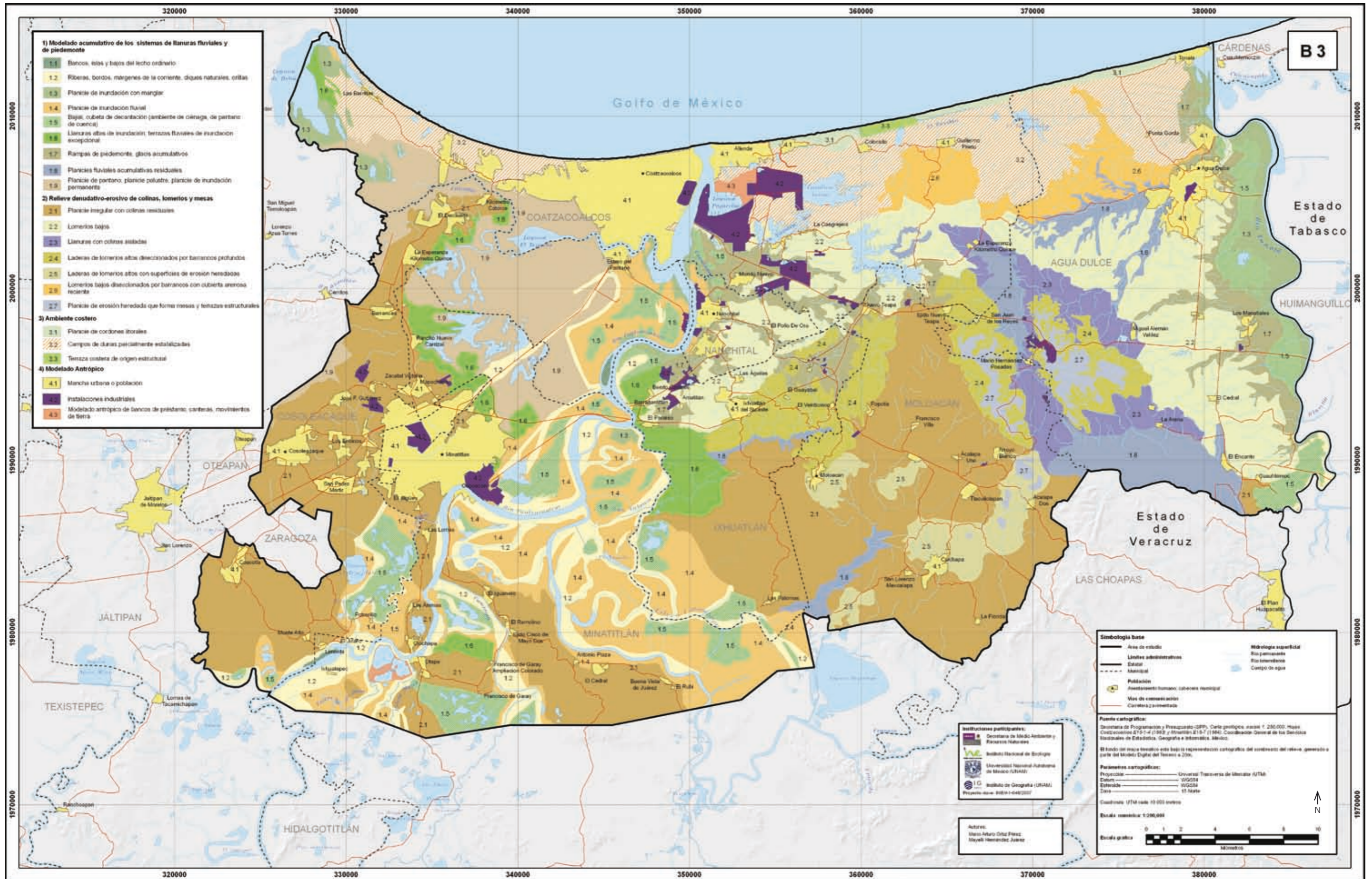
1.8) Planicies fluviales acumulativas residuales

Son depósitos originados de una fuente deluvio-eluvial, cuyos materiales son removidos de las laderas y depositados al pie de las mismas. Esta remoción se debe a escurrimientos de origen pluvial o a procesos de escurrimiento superficial y lineal de barrancos. Se distingue también material de intemperismo como alteritas o eluvión residual.

1.9) Planicie de pantano, planicie palustre o planicie de inundación permanente

Corresponde a la porción más baja de terreno inundable; se forma en la parte deprimida de la llanura a modo de una hoya de suave perfil cóncavo muy extenso, no visible y sin límites bien definidos. Es parecida al bajial, con la diferencia de que este último es represado por bordos

Regionalización geomorfológica



perimetrales naturales. Sus fuentes de alimentación de agua son diversas, ya que puede ser abastecido por agua subterránea, de infiltración, de descarga de la corriente influente, de desborde y pluvial.

2) *Relieve denudativo-erosivo de colinas, lomeríos y mesas*

2.1) Planicie irregular con colinas residuales

Es un área formada como resultado del modelado que se ha llevado a cabo sobre una estructura tabular de depósitos antiguos del Mioceno, consistente en capas de estratificación paralela, arenosa, con horizontes intercalados de margas y lutitas. El relieve tiene un arreglo irregular con una topografía que se caracteriza por la diversidad en la amplitud vertical y horizontal de la morfología, la cual se diferencia en escalones con distintos niveles y con anchura de interfluvios muy variables y numerosos. La disección fluvial es escasa y de poca profundidad, aunque localmente se presenta con mayor incisión. La red hidrográfica tiene escasa integración; no hay continuidad con los sistemas de mayor orden y muchas veces es de carácter arriero.

2.2) Lomeríos bajos

La expresión morfológica de estas zonas es la de un perfil multiconvexo, densamente disectado por barrancos de longitud corta, con corte erosivo profundo y estrecho en las cabeceras. Por su baja altura y la regularidad del perfil longitudinal de los barrancos de baja pendiente, se encuentran en una fase de estabilidad relativa, que crean cañadas de corredores arbolados de mayor talla y cobertura, y de distinta condición microclimática que la vegetación adyacente. Desde el punto de vista evolutivo parten de una antigua llanura, pues todas las cimas y parteaguas coinciden en un solo nivel de altura. La red hidrográfica tiene igual hundimiento o profundidad de disección, la cual es equidistante entre interfluvios junto con la expresión morfológica semejante de los lomeríos.

2.3) Llanura con colinas aisladas

Es una planicie interrumpida por elevaciones de baja altura y montículos residuales con peñas y colinas rematadas en forma de cúspide, distribuidos de manera irregular y aislada sobre un plano común de nivel base. Guarda una posición de transición entre el relieve de lomeríos y las rampas de piedemonte y los grandes valles acumulativos.

2.4) Laderas de lomeríos altos diseccionados por barrancos profundos

Corresponden a un relieve de origen erosivo, con barrancos de una fase posterior de disección, ya que presentan una disposición topográfica de mayor altura y más alejada de los niveles de base. En términos generales, comparten los mismos atributos de la morfología que los lomeríos bajos. De forma local, en las escarpas pueden existir problemas de inestabilidad con corrimiento de tierras.

2.5) Laderas de lomeríos altos con superficies de erosión heredadas

Separadas del contexto de las unidades anteriores por desplazamientos tectónicos del Mioceno, estas laderas quedan como un remanente de fases de denudación con superficies de erosión planar antigua, dispuestas en diferentes niveles y formando varias terrazas estructurales estrechas y de reducidas dimensiones. Su modelado de disección es escaso; cuando se presenta, es de valles cortos y amplios. De manera muy local, hay rasgos de corte erosivo de disección profunda. Como nivel base de estas laderas se reconoce al sur al río Uxpana. Se considera que es el paisaje de mayor diversidad morfológica y poca dominancia de la región; difícil de caracterizar cabalmente.

2.6) Lomeríos bajos diseccionados por barrancos con cubierta arenosa reciente

Estas áreas comparten todas las características comunes de los lomeríos bajos, pero se diferencian de ellos por la influencia que pueda tener el manto de arenas a las que está sujeto el paisaje de forma estacional y esporádica.

2.7) Planicie de erosión heredada que forma mesas y terrazas estructurales

Esta planicie es un relicto de erosión de una superficie de denudación en condiciones de levantamiento tectónico muy lento. Dicho relicto quedó aislado a una altura mayor y alejado de los niveles de base y de la onda o fase de denudación lineal; en la actualidad, ha ido perdiendo superficie por erosión regresiva de barrancos.

3) *Ambiente costero*

3.1) Planicie de cordones litorales

Es el resultado de la acumulación de líneas antiguas de playa por sedimentos de la corriente de deriva costera.

3.2) Campos de dunas parcialmente estabilizadas

Dunas costeras formadas mediante del transporte eólico de playas y cordones desmantelados por la deflación ocurrida principalmente durante los Nortes.

3.3) Terraza costera de origen estructural

Es una terraza estructural formada como resultado del desplazamiento tectónico, que se encuentra sostenida por un corto acantilado. Está cubierta por formas incipientes de acumulación eólica.

4) *Modelado antropogénico*

4.1) Mancha urbana o población

Asentamiento humano o traza de la mancha de urbanización.

4.2) Instalaciones industriales

Límite franco de la traza de la infraestructura industrial.

4.3) Modelado antropogénico de bancos de préstamo, canteras y movimientos de tierras

Terreno modificado por extracción predominante de arenas, para la construcción de infraestructura.

REFERENCIAS

- Botello, A. V. y A. Toledo. 1996. Impacto ambiental de la industria petrolera en el río Coatzacoalcos, Veracruz. En: Botello, A. V., J. L. Rojas-Galaviz, J. A. Benítez y D. Zárate-Lomelí (Compiladores.). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Nacional Autónoma de Campeche. EPOMEX. Serie Científica, 5. Págs. 541-554.
- Zavala, C. J. 1996. Impacto de las actividades petroleras sobre la hidrología superficial del distrito de Agua Dulce, Tabasco, México. En: Botello, A. V., J. L. Rojas-Galaviz, J. A. Benítez y D. Zárate-Lomelí (compiladores.). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Nacional Autónoma de Campeche. EPOMEX. Serie Científica, 5. Págs. 505-520.

B.4. UNIDADES DE SUELOS DOMINANTES

Irene Sommer Cervantes¹,
Silke Cram Heydrich¹ y
Oralia Oropeza Orozco¹

Desde la perspectiva del comportamiento de los derrames de hidrocarburos (HC), en particular de petróleo crudo, los tipos de suelos brindan información acerca de la dirección probable que seguirá un derrame, ya que éstos influyen en su movilidad y velocidad de dispersión; también pueden inferirse aspectos acerca de la persistencia, la biodisponibilidad y la toxicidad de los HC en el ambiente, así como de la estabilidad y perdurabilidad de la infraestructura (tendidos de ductos) que sobre ellos se asientan.

Así, en un suelo con permeabilidad deficiente o drenaje lento (texturas finas o arcillosas, y ubicados en depresiones o zonas bajas), como los Gleysoles y algunos Cambisoles de la zona de estudio, los HC permanecerán en la superficie del suelo por periodos relativamente largos, lo cual facilita su remoción y disposición. Por su parte, en un suelo permeable (textura arenosa), como los Arenosoles de esta zona, los HC se infiltrarán al interior del suelo y su limpieza será más difícil, su persistencia aumentará y consecuentemente la manifestación probable de daños al ambiente será mayor (USEPA, 1999; Cram *et al.*, 2004).

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. irenes@igg.unam.mx.

A diferencia del agua, el suelo opone más resistencia a la dispersión de un derrame; sin embargo, se le considera más difícil de limpiar porque parte de los HC quedan atrapados o mezclados en los materiales edáficos.

A partir de ciertas características del tipo de suelo se pueden establecer posibles efectos y procesos de degradación sobre la infraestructura o las construcciones en el área, tales como corrosión de metales, corrosión del concreto y susceptibilidad a deformaciones o ruptura de estructuras. En el cuadro B.4.1 se presentan algunas de estas relaciones. En resumen, desde el punto de vista de la ingeniería civil se juzgan adecuados los suelos bien drenados (con capas freáticas profundas, a más de 30 cm de la superficie), no orgánicos en su composición, sobre pendientes menores a 6% y con profundidades mayores a 120 cm. Estas condiciones se recomiendan para garantizar la estabilidad y seguridad de las construcciones, carreteras, etc. (MOPT, 1992; Brown *et al.*, 2000).

En este mapa se representan las unidades de los suelos dominantes presentes en la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá. La información proviene de las cartas edafológicas digitales Minatitlán y Coatzacoalcos, escala 1:250 000 (SPP, 1984), con las siguientes modificaciones:

- Sólo se consideró el tipo de suelo principal reportado en las asociaciones del mapa base, de manera que no se representa la heterogeneidad edáfica al interior de cada unidad cartográfica.
- En el mapa base original se utiliza el término Regosol para referirse a los suelos arenosos de las costas, término que se sustituyó por el de Arenosol, empleado en la Base Mundial de Referencia del Recurso Suelo del ISSS- ISRIC-FAO (2006), cuyos límites se corrigieron en función de las cartas geológicas Minatitlán y Coatzacoalcos (SPP, 1984 y 1985), escala 1: 250 000.

CUADRO B.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO A CONSIDERAR EN OBRAS DE INGENIERÍA Y EN EL USO DE ÁREAS URBANAS.

| Propiedad del suelo | Corrosión de metal (acero) | Corrosión de concreto | Estabilidad de pendiente | Excavaciones someras | Habitacional con cimientos | Calles y carreteras | Terraplenes de carreteras |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|
| Drenaje | X | | | | | | |
| Textura | X | X | | X | | | |
| Acidez | X | | | | | | |
| Conductividad | X | | | | | | |
| Sulfato Mg-Na | | X | | | | | |
| NaCl | | X | | | | | |
| pH | | X | | | | | |
| Pendiente | | | X | X | X | X | X |
| Resistencia | | | X | | | | |
| Cambios litológicos | | | X | | | | |
| Profundidad | | | | X | X | X | X |
| Alto contenido de humus | | X | | X | | | |
| Fragmentos gruesos | | | | X | X | X | X |
| Inundaciones | | | | X | X | X | X |
| Profundidad capa freática | | | | X | X | X | X |
| Subsidencia | | | | | X | X | |
| Expansión – contracción | | | | X | X | X | X |

Adaptado de Brown *et al.*, 2000.

Ordenados de mayor a menor extensión, los tipos de suelos dominantes en esta área son: Cambisoles, Gleysoles, Luvisoles, Arenosoles y Acrisoles.

CAMBISOLES

Son suelos con al menos los inicios de diferenciación de horizontes en el subsuelo, evidentes por los cambios en estructura, color, contenido de arcillas o carbonatos.

Se forman sobre materiales de texturas medias a finas derivados de una amplia gama de rocas. Están caracterizados por un intemperismo de moderado a bajo y por la ausencia de cantidades apreciables de arcilla iluvial, materia orgánica y compuestos de aluminio y hierro. Se les puede encontrar sobre terrenos planos o montañosos y exhiben una amplia gama de tipos de vegetación.

En el área de estudio, estos suelos están asociados a planicies aluviales o terrazas de reciente depósito, de

ahí su poco desarrollo. Pueden llegar a presentar acidez. Los Cambisoles de terrenos ondulados o con lomeríos (al este de la zona de estudio) se siembran con varios cultivos anuales y perennes o se dedican al pastoreo, aunque son suelos típicamente pobres en nutrientes.

Los Cambisoles son el tipo de suelo más extendido en la zona y abarcan un 39% del total del área de estudio (cuadro B.4.2), su ubicación se asocia a los lomeríos bajos al este y oeste de la zona. Hacia los lomeríos del sur, sus características tienden a transformarse en aquellas de suelos un poco más evolucionados, tales como Luvisoles e incluso Acrisoles.

GLEYSOLES

Son suelos propios de humedales o terrenos pantanosos de la zona que, a menos de ser drenados, se encuentran saturados con el agua proveniente del nivel freático por

CUADRO B.4.2. SUPERFICIE CUBIERTA POR LAS UNIDADES DE SUELOS EN EL ÁREA DE COATZACOALCOS.

| Unidad de suelos | Superficie en km ² | Superficie en porcentaje del total |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Cambisol | 695.5 | 39.2 |
| Gleysol | 603.7 | 34.0 |
| Urbanizado y agua superficial | 254.2 | 14.3 |
| Luvisol | 169.6 | 9.5 |
| Arenosol | 38 | 2.1 |
| Acrisol | 14.8 | 0.8 |

temporadas lo suficientemente largas para permitir el desarrollo de características gléyicas. Estas características consisten esencialmente en colores rojizos, pardos o amarillentos en las superficies de los agregados o las capas superficiales del suelo, en combinación con un color gris-azulado dentro de los agregados o a mayor profundidad del suelo.

Se forman a partir de una amplia gama de materiales no consolidados, principalmente sedimentos fluviales, marinos y lacustres del Pleistoceno u Holoceno, con mineralogía de básica a ácida. Se les localiza preferentemente en depresiones y posiciones paisajísticas bajas con niveles freáticos muy someros. Poseen altos contenidos de materia orgánica ya que se presentan en ambientes anóxicos, lo que retarda los procesos de descomposición normales de la materia orgánica y favorece su acumulación. Hay evidencias de procesos de reducción con segregación de compuestos de hierro en los primeros 50 cm de profundidad del suelo. Hay también Gleysoles con acumulaciones de azufre que generan acidez severa y altos niveles de toxicidad por aluminio.

Estos suelos son muy poco aptos para la construcción (incluyendo tendidos de ductos) y demandan grandes esfuerzos en su mantenimiento por las siguientes desventajas:

- pH ácidos (corrosión de metales)



Unidad habitacional Ciudad Olmeca sobre campos de dunas desmantelados (cortesía de Mayelli Hernández)

- tendencia a altas concentraciones de azufre (corrosión del concreto)
- drenaje impedido (corrosión de metales)
- texturas finas (corrosión de metales y concreto)
- alta materia orgánica (corrosión del concreto)
- inestabilidad (por subsidencia del terreno)

En caso de derrame, dado que son suelos poco permeables, los HC se mantendrán en la superficie, lo cual facilita su remoción, pero con riesgo de dispersarse por agua a zonas aledañas. La distribución de estos suelos coincide con la de los niveles muy alto y alto

de vulnerabilidad (mapa D.1), ya que abrigan a los humedales, las comunidades vegetales más susceptibles del área de estudio.

Los Gleysoles ocupan aproximadamente un 34% del área de estudio, su ubicación se asocia a las planicies de inundación, principalmente del río Coatzacoalcos y en menor extensión a las riberas del río Tonalá.

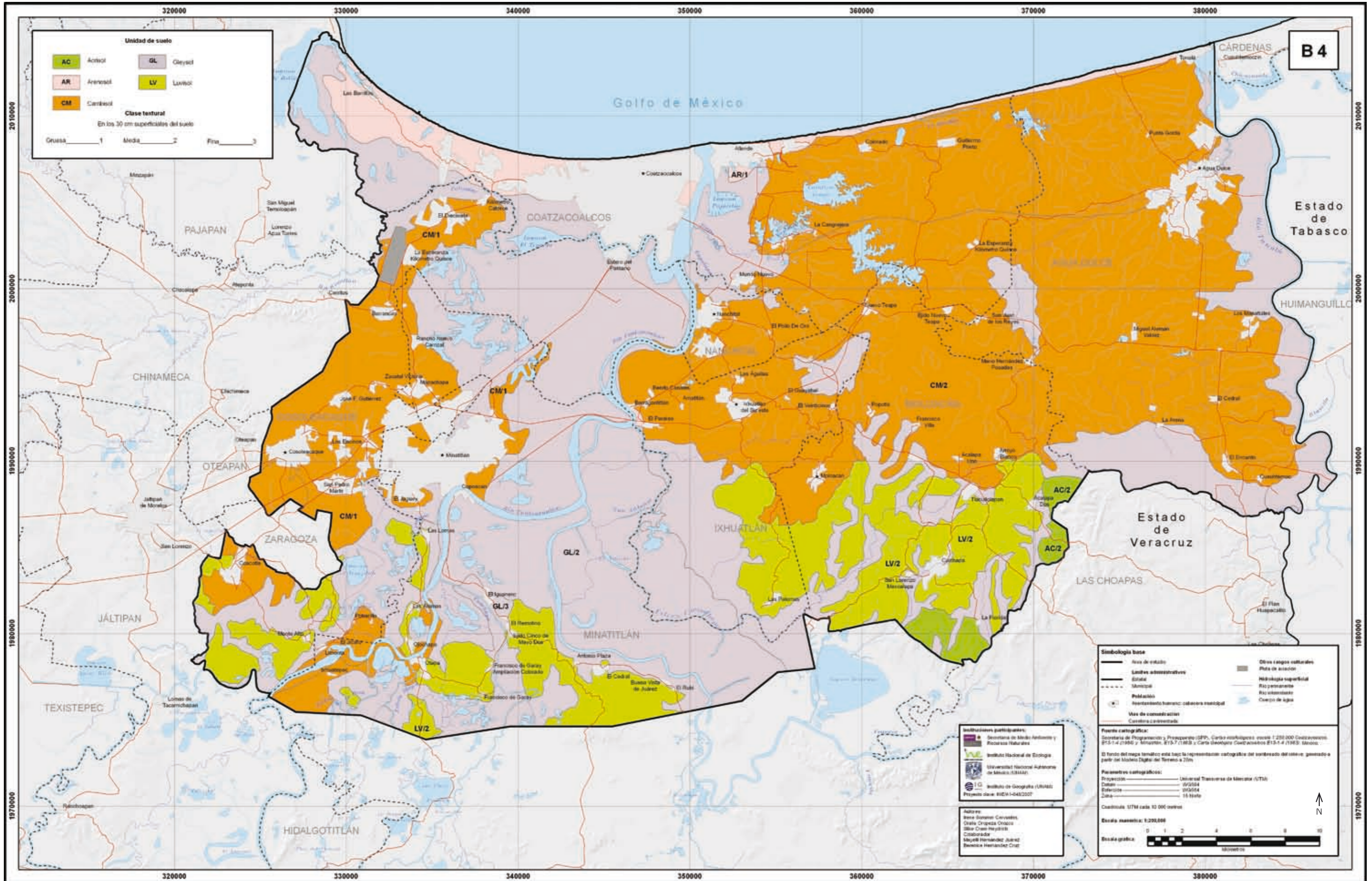
ACRISOLES Y LUVISOLES

Los Acrisoles y Luvisoles son suelos que tienen un contenido mayor de arcillas en el subsuelo con respecto a

capas más superficiales, como resultado de los procesos que gobiernan la formación de los suelos. Son suelos ácidos, muy intemperizados, con baja saturación de bases a cierta profundidad. Los Acrisoles corresponden a un estado de mayor intemperización que los Luvisoles, su diferenciación en campo es difícil. Se forman sobre una amplia gama de materiales parentales, más comúnmente derivados de rocas ácidas o en arcillas ya intemperizadas en las que se prolonga este proceso.

En el área de estudio ocupan cerca del 10% de la superficie total (Luvisoles 9.5% y Acrisoles 0.8%); se localiza en formaciones antiguas con topografía ondulante

Unidades de suelos dominantes



o lomeríos. La selva es normalmente el tipo de vegetación natural que sustentan. Tienden a desarrollar acidez y texturas medias o gruesas en la superficie y texturas finas a cierta profundidad; por lo que en su manejo siempre se recomienda la preservación del suelo superficial con su materia orgánica crítica, así como la prevención de la erosión. En el área de estudio, se les dedica a cultivos comerciales poco demandantes y tolerante a la acidez, como la piña y el hule. En esta zona, se ha incrementado su uso para producir palma de aceite. Muchos Acrisoles y Luvisoles están ocupados por selvas que varían de altas y densas a terrenos arbolados abiertos. La mayor parte de las raíces se concentran en el horizonte húmico superficial de estos suelos, con sólo un par de raíces pivotantes que penetran hacia el fondo.

En general, la permeabilidad de estos suelos no es extremosa dadas sus texturas medias; sin embargo, se presentan diferencias topográficas en los lomeríos; en las partes altas el drenaje es eficiente, pero está impedido en las partes bajas. En caso de derrame, esto dificulta la aplicación de medidas homogéneas de limpieza de HC sobre amplias zonas.

Podría decirse que tanto Cambisoles como Acrisoles y Luvisoles tienen pocas características desventajosas para la conservación e integridad de los tendidos de ductos.

Pudieran llegar a ser críticos el pH en caso de extrema acidez y el relieve irregular que presentan los lomeríos del área. Dicho relieve dificulta el mantenimiento periódico de los ductos o los mantiene sometidos a tensiones irregulares.

ARENOSILES

Incluye suelos arenosos formados ya sea a partir del intemperismo de roca o sedimentos normalmente ricos en cuarzo o a partir de suelos desarrollados en arenas de reciente depósito, como las dunas en terrenos de playas. El material del cual se originan no está consolidado, a veces puede ser calcáreo; pero en general se trata de materiales transportados de textura arenosa.

En el área de estudio ocupan sólo un 2% de la superficie total y su distribución se restringe a las dunas, límites de playa y planicies arenosas. La vegetación que sostienen es dispersa, con pastos o bosques ralos, muchas veces adaptada a condiciones salinas.

La característica común de todos los Arenosiles es su textura gruesa, con permeabilidad alta y baja capacidad de almacenaje de agua y nutrientes. Normalmente son suelos inestables, faltos de cohesión, susceptibles a erosión por aire y agua. En cuanto a

sus características ingenieriles, no soportan peso y transmiten su inestabilidad a las construcciones que sustentan. Se recomienda fuertemente conservarlos con su vegetación natural. Estas características son sumamente desventajosas en relación a la atención de posibles derrames de HC, así como para la conservación e integridad de los ductos presentes y por construirse.

La zona de estudio está muy cerca de la costa y es de esperarse que gran parte de los suelos presenten influencia del agua y brisa marina, lo que contribuirá a aumentar su contenido en sales solubles (mayores valores de conductividad eléctrica) y lo que favorecerá el desarrollo de ambientes altamente corrosivos, tanto de los metales como del concreto.

REFERENCIAS

- Brown, R., J.H. Huddleston y J.L. Anderson. 2000. *Managing Soils in an Urban Environment*. Series Agronomy 39. American Society of Agronomy, Inc. USA.
- Cram, S., C. Siebe, R. Ortiz y A. Herre. 2004. Mobility and persistence of petroleum hydrocarbons in tropical peat soils in southeastern Mexico. *Soil and Sediment Contamination* 13 (5): 341-360.

International Society of Soil Science (ISSS), International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) y Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. *International Reference Base for Soil Resources*. Italia.

Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT). 1992. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico (contenido y metodología)*. España.

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1983. *Carta geológica*, escala 1:250 000, Hoja: Coatzacoalcos E15-1-4. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.

———. 1984. *Carta edafológica*, escala 1:250 000, Hoja: Coatzacoalcos, E15-1-4. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.

———. 1985. *Carta edafológica*, escala 1:250 000, Hoja: Minatitlán, E15-7. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.

United States Environmental Protection Agency (USEPA). 1999. Understanding oil spills and oil spill response. Chapter 1. The behavior and effects of oil spills in aquatic environments. EUA. Disponible en: www.epa.gov/oilspills/pdfs. Consultado en septiembre de 2007.

B.5. CLIMAS

Oralia Oropeza Orozco¹

Entre las variables del medio físico, es fundamental conocer las características climáticas y sus efectos relacionados con la sensibilidad ambiental a derrames de hidrocarburos, pues de estos efectos dependen numerosos procesos que, además de la vulnerabilidad, están asociados con el peligro de corrosión de los ductos por condiciones de humedad atmosférica y del suelo. El análisis del clima permitió establecer un nivel homogéneo de sensibilidad para toda el área de estudio que sirvió como base de referencia.

El propósito de este mapa es presentar el comportamiento espacial de las condiciones climáticas como elementos primordiales en la determinación de sitios ambientalmente sensibles a los derrames de petróleo crudo.

El mapa se elaboró a partir de la cartografía de climas de CETENAP (1970), misma que se basa en el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1988).

El clima de la zona pertenece a los cálidos-húmedos de los tipos Am(f) y Am(w), que corresponden al patrón climático de la región Golfo de México, el cual está determinado por dos sistemas de vientos predominantes, en el verano y otoño los Alisios, las Ondas del este y los ciclones tropicales; y en el invierno los Nortes (García et al., 1992).

El clima Am(f) cálido-húmedo con lluvia todo el año se distribuye en casi toda el área; la temperatura media anual es de 25° C; el mes más frío es enero, con 22° C, y el mes más caliente es mayo, con 27° C; por ello el régimen térmico se considera tipo Ganges; es decir, la temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano. El total de precipitación anual está entre los 2300 y 2800 mm; el régimen pluvial es intermedio, toda vez que llueve todo el año, aunque las lluvias se concentran de junio a noviembre; el porcentaje de lluvia invernal es de 9 (García, 2004).

Una porción situada al suroeste tiene clima cálido-húmedo con lluvias en verano, Am(w), y otra porción muy pequeña, en el extremo suroeste, presenta clima cálido-subhúmedo con lluvias en verano, Aw₂ (García, 1992).

Desde la perspectiva climática, la zona de estudio es considerada de alta sensibilidad, particularmente por la precipitación que aumentaría la movilidad de los hidrocarburos en caso de derrames; sobre todo cuando las lluvias se concentran y tienen la influencia de los huracanes y Nortes, lo cual, a su vez, propicia inundaciones y favorece una rápida y amplia dispersión del petróleo crudo.

REFERENCIAS

Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación (CETENAP). 1970. *Cartas de climas*, escala 1:500 000. Hojas: Coatzacoalcos, 15Q/V; Minatitlán, 15Q/VII. México.

García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

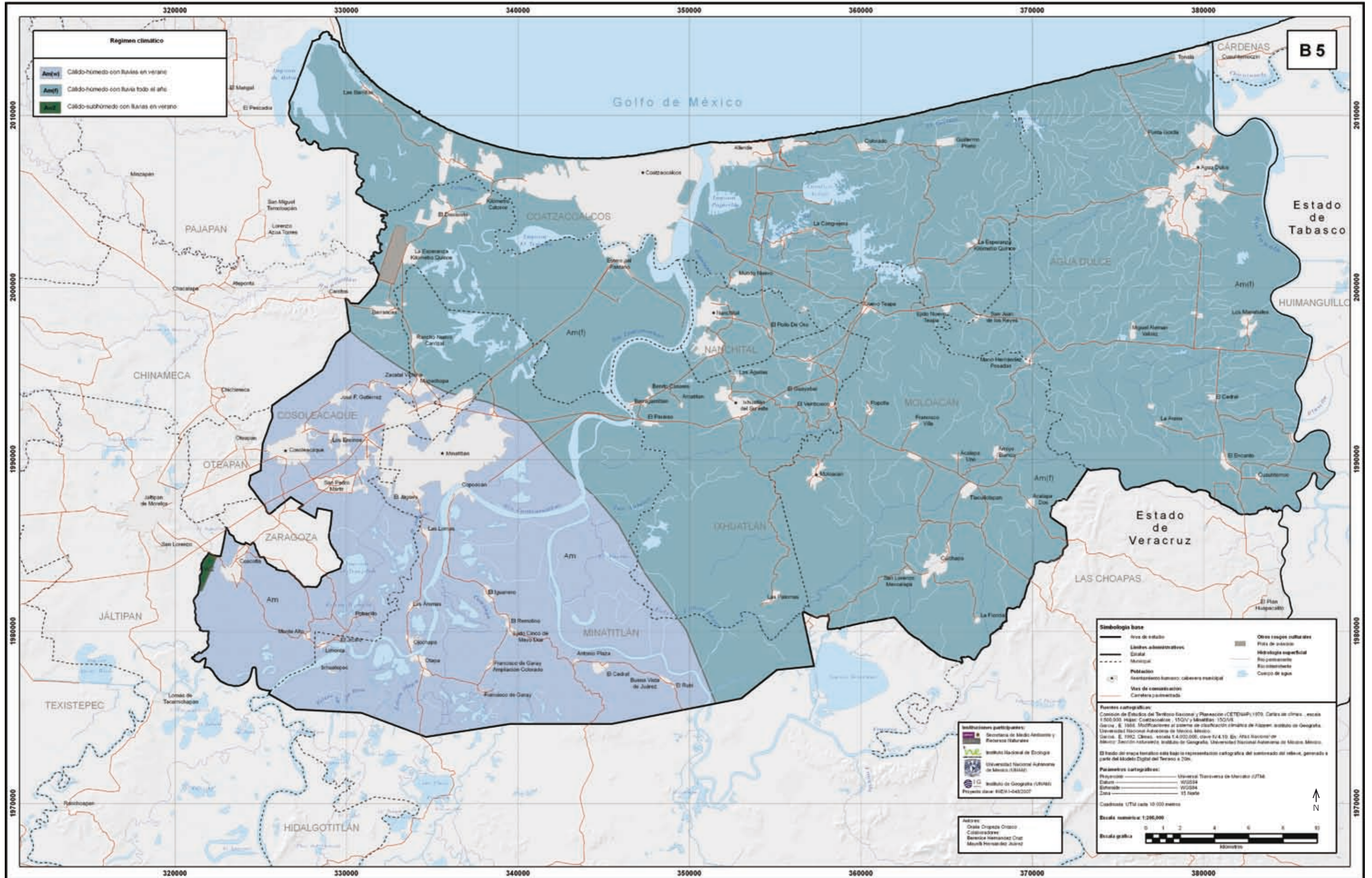
———. 1992. *Climas*, escala 1:4 000 000, clave IV.4.10. En: *Atlas Nacional de México: Sección naturaleza*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

———. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Base de datos climatológicos 1921-1995*. Programa para la clasificación del clima. Versión Digital. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

———, R. Vidal y M. E. Hernández. 1992. *Regiones climáticas de México*. Escala 1:12 000 000, Sección naturaleza, Clave IV.4.10. En: *Atlas Nacional de México*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. orooro@igg.unam.mx.

Climas



B.6. DETECCIÓN DE CAMBIO DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN

Raúl Aguirre¹ y Olivia Salmerón¹

A partir de la década de 1970 y desde el inicio de la prospección de los recursos naturales mediante imágenes de satélite, en particular la serie LANDSAT, ha habido un gran interés en comparar y analizar datos obtenidos en distintas fechas. Cada objeto en el terreno posee una respuesta espectral característica, la cual está influenciada por efectos tanto temporales como espaciales. Estos efectos impactan virtualmente todos los campos de interés de la percepción remota; sin embargo, la detección de los efectos temporales y espaciales es clave para recopilar la información buscada en el análisis. La detección de cambio se define como el proceso de identificación de diferencias en el estado de un objeto o fenómeno al observarlo en periodos diferentes. El proceso de detección de cambio se basa en la capacidad de medir cambios temporales. La detección de cambio involucra el uso de datos multitemporales para discriminar áreas de cambio en la cobertura de suelo en imágenes de distintas fechas (Townshend & Justice, 1995; Grover *et al.*, 1999; Mas, 1999; Borak *et al.*, 2000; Kaufmann & Seto, 2001; Read & Lam, 2002; Weng, 2002). Este cambio es susceptible de plasmarse en un mapa, por lo

¹Laboratorio de Análisis Geoespacial, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. raguirre@igg.unam.mx.

que el impacto antropogénico en distintos ecosistemas puede evaluarse de esta manera. Existen diversos métodos de detección de cambio, los cuales son utilizados para identificar cambios entre dos periodos en una secuencia de imágenes. Los métodos más ampliamente utilizados son la diferencia de imágenes, el cociente de imágenes, la comparación de clasificaciones y el análisis de cambio de vectores.

El propósito de este mapa es identificar los cambios en el uso del suelo y la vegetación en la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá en un periodo de diez años, comprendido entre 1990 y 2000.

Para lograr este objetivo, se realizó la comparación de dos imágenes LANDSAT, previamente clasificadas, correspondientes a los inviernos de 1990 (TM) y 2000 (ETM+), utilizando el paquete computacional ENVI. Estas imágenes abarcan la región sur del estado de Veracruz. Previo al análisis digital, las imágenes fueron corregidas radiométrica y atmosféricamente con el fin de minimizar las variaciones en la radiancia y el ángulo de elevación solar, en el primer caso, y la dispersión de la radiancia y la humedad del terreno, en el segundo. Ambas imágenes fueron procesadas mediante el algoritmo de clasificación supervisada de máxima verosimilitud. En este algoritmo la distribución de los valores de reflectancia en los campos de entrenamiento es descrita por una función de densidad de probabilidad basada en la estadística bayesiana. El clasificador evalúa la probabilidad de que un píxel dado, con una respuesta espectral específica, pueda pertenecer a una clase. La asignación se hace a la clase con más alta probabilidad de pertenencia (Campbell, 1996). La regla de decisión de máxima verosimilitud tiene la ventaja de considerar la variabilidad de los valores de brillantez en cada clase y no únicamente la media. Asimismo, se consideran de manera simultánea todas las clases y canales espectrales disponibles durante la clasificación.

Para definir los tipos de uso de suelo y vegetación en cada una de las imágenes (1990 y 2000) se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP), el cual es un proceso pre-clasificador que permite eliminar, en un alto porcentaje, la correlación entre bandas espectrales, generando un nuevo conjunto de bandas, las cuales son una combinación lineal de las bandas originales.
2. Se creó una composición RGB, seleccionando los tres primeros componentes principales. Esta combinación permite resaltar con claridad las diferencias espectrales de las nuevas bandas o componentes principales. El color rojo (R) se asigna al primer componente principal, el verde (G) al segundo y, finalmente el azul (B) al tercer componente.
3. Mediante un análisis visual de las composiciones RGB y de información de campo, se definieron las

siguientes clases: 1) humedal y zona de inundación, 2) vegetación secundaria de selva y plantación, 3) cultivo y pastizal, 4) urbano, industrial y suelo desnudo 5) cuerpo de agua (figuras B.6.1 y B.6.2). Cabe resaltar que en el proceso de clasificación es inevitable la combinación de clases dada la similitud espectral entre ellas. Esto es particularmente evidente en los casos de las clases que incorporan elementos de vegetación. A pesar de esto, la zona cultivada es reconocible a través de su textura homogénea dentro de estructuras de tipo geométrico, mientras que la selva secundaria posee textura irregular. Asimismo, la alta reflectancia típica de las nubes hace que éstas puedan confundirse con la respuesta del suelo desnudo o las zonas urbanas e industriales, e incorporarlas en la misma clase espectral. Sin

FIGURA B.6.1. IMAGEN LANDSAT-TM, 1990, CLASIFICADA.

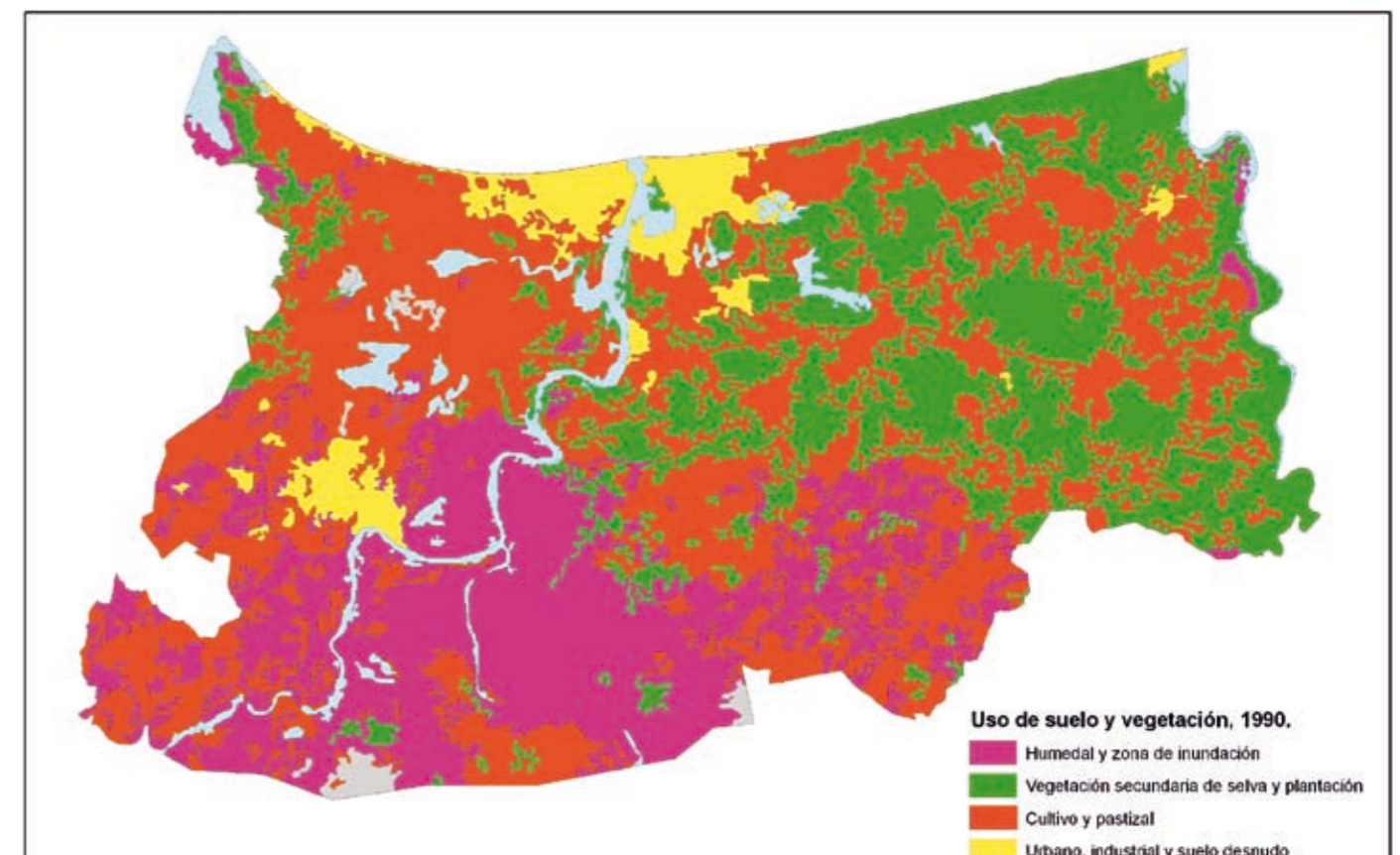
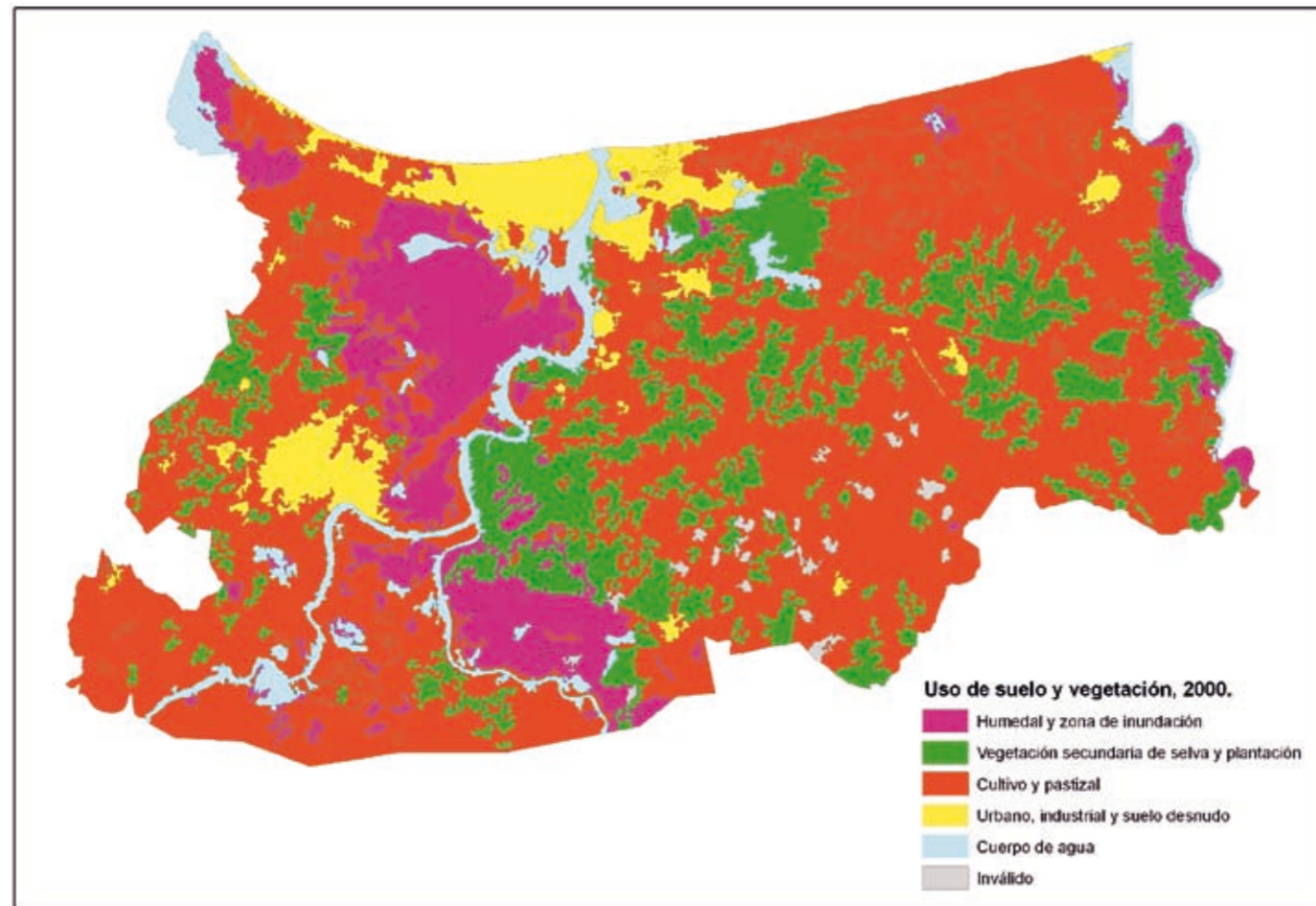


FIGURA B.6.2. IMAGEN LANDSAT-ETM+, 2000, CLASIFICADA.



Con base en esta información se procedió al análisis de cambio de uso del suelo y vegetación.

embargo, la presencia de nubes es fácilmente identificable gracias a la asociación de estas con sus sombras proyectadas. En las imágenes clasificadas es fácilmente observable esta situación al sur de Minatitlán en la imagen de 1990 y al sureste en la imagen clasificada del año 2000. Estos elementos de confusión son eliminados mediante un proceso de homologación de clases en el mapa final.

Con base en esta información se procedió al análisis de cambio de uso de suelo y vegetación. Así, para la creación del presente mapa se utilizó el algoritmo de comparación de clasificaciones (figuras B.6.1 y B.6.2). Este análisis

post-clasificadorio consiste en la comparación de los productos temáticos generados previamente de manera independiente. De la comparación de las imágenes de satélite clasificadas se generó una matriz de detección de cambio, la cual sintetiza los cambios de un tiempo inicial t al tiempo final $t + n$, de las distintas categorías o clases de uso de suelo y vegetación representadas en los mapas. Mediante una adecuada codificación (homologación de clases) de la clasificación resultante para las fechas inicial (1990) y final (2000), se obtienen mapas que permiten generar una matriz de cambio completa. Por consiguiente, fue posible identificar las porciones del territorio que cambiaron, así como las que

CUADRO B.6.1. MATRIZ DEL PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE TOTAL POR CAMBIO DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN, 1990-2000.

| | 1990 | Cuerpo de agua | Cultivo y pastizal | Humedal y zona de inundación | Urbano, industrial y suelo desnudo | Vegetación secundaria de selva y plantación |
|---|------|----------------|--------------------|------------------------------|------------------------------------|---|
| 2000 | | | | | | |
| Cuerpo de agua | | 4,16 | 0,05 | 0,50 | 0,07 | -- |
| Cultivo y pastizal | | 0,33 | 30,72 | 5,64 | 1,55 | 3,21 |
| Humedal y zona de inundación | | -- | 5,65 | 16,86 | 0,29 | 0,76 |
| Urbano, industrial y suelo desnudo | | -- | -- | -- | 4,70 | -- |
| Vegetación secundaria de selva y plantación | | 0,08 | 13,75 | 2,72 | 0,16 | 8,81 |

se mantuvieron sin cambio; es decir, reconocer no sólo los píxeles que han cambiado clases entre las dos fechas, sino aquellos que permanecen dentro de ellas.

Posteriormente, el mapa resultante fue sometido a un proceso de generalización espacial, el cual consiste en asignar cúmulos de píxeles menores al área mínima cartografiable ($250\,000\text{ m}^2$) a la clase más cercana con la mayor superficie. Por último, se realizó el suavizamiento de límites de las entidades geográficas previamente vectorizados. Este proceso dio lugar al presente mapa.

Los datos estadísticos de los mapas resultantes pueden ser compilados para expresar la naturaleza específica de los cambios del fenómeno analizado entre las diferentes fechas de las imágenes. Obviamente, la precisión final de este procedimiento depende de la precisión parcial obtenida en cada una de las clasificaciones usadas en el análisis.

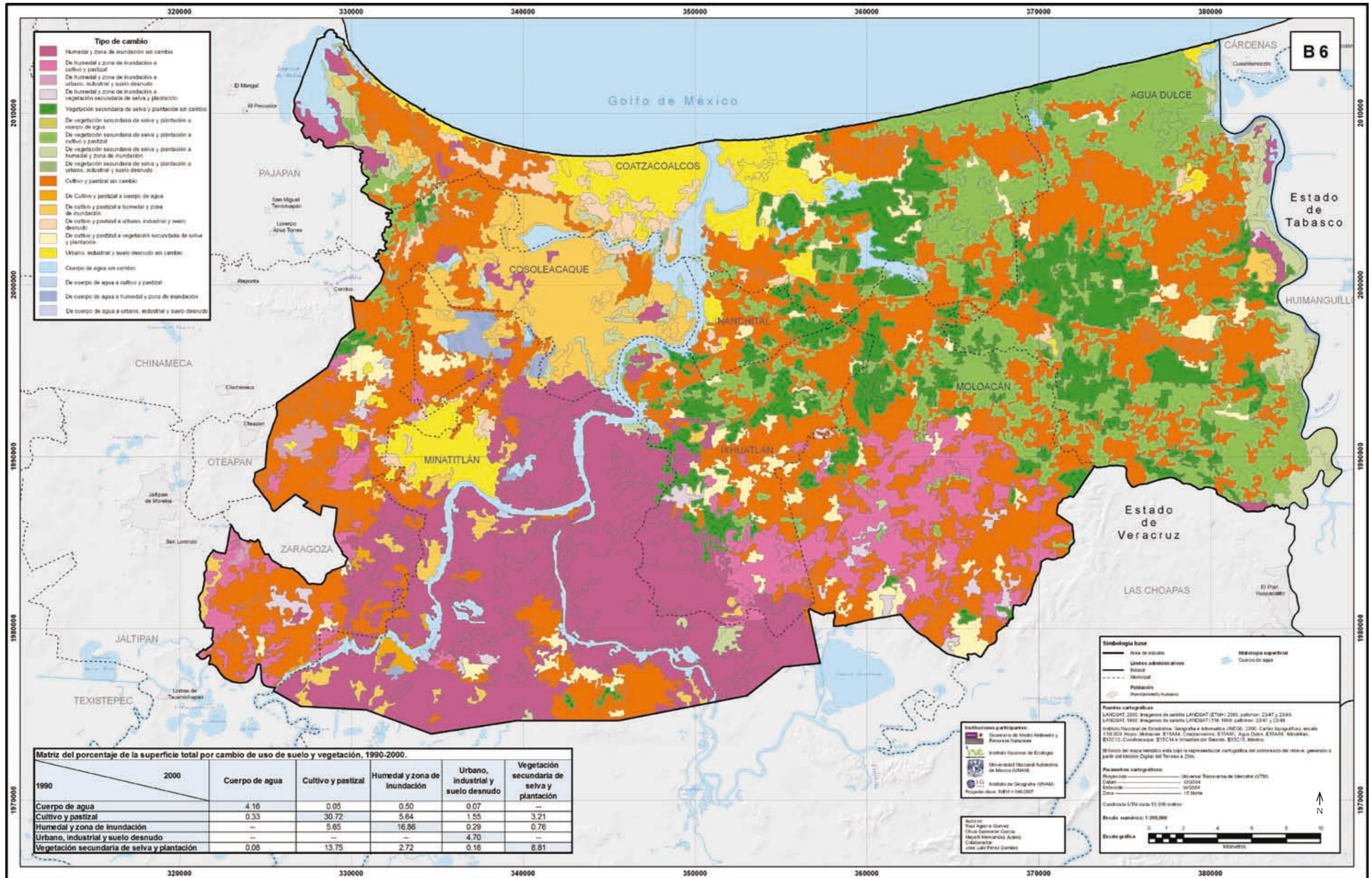
El cuadro B.6.1 muestra la matriz del porcentaje de la superficie total por tipo de cambio del uso de suelo y vegetación entre las fechas analizadas. Este cuadro nos permite apreciar tanto la superficie que se transformó como la que permaneció inalterada.

En relación con esta última, en la diagonal del cuadro se observan los porcentajes de las clases que se mantuvieron sin cambio (65.25% de la superficie total). Así, las clases correspondientes a cultivo y pastizal, vegetación secundaria de selva y plantación, y humedal

CUADRO B.6.2. TENDENCIA DE LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN MÁS SIGNIFICATIVOS POR SUPERFICIE OCUPADA (HA Y PORCENTAJE).

| No. | Tipo de cambio (superficie total 176 739 ha) | Superficie | |
|-----|--|------------|------|
| | | (ha) | (%) |
| 1 | Cultivo y pastizal sin cambio | 54 287 | 30.7 |
| 2 | Humedal y zona de inundación sin cambio | 29 805 | 16.9 |
| 3 | Vegetación secundaria de selva y plantación a cultivo y pastizal | 24 293 | 13.7 |
| 4 | Humedal y zona de inundación a cultivo y pastizal | 9 985 | 5.64 |
| 5 | Cultivo y pastizal a humedal y zona de inundación | 9 965 | 5.63 |
| 6 | Urbano, industrial y suelo desnudo sin cambio | 8 298 | 4.7 |
| 7 | Cuerpo de agua sin cambio | 7 346 | 4.2 |
| 8 | Cultivo y pastizal a vegetación secundaria de selva y plantación | 5 670 | 3.2 |
| 9 | Vegetación secundaria de selva y plantación a humedal y zona de inundación | 4 807 | 2.72 |
| 10 | Cultivo a urbano | 2 202 | 1.24 |
| 11 | Cultivo a inundación | 1 580 | 0.89 |
| 12 | Plantación a Inundación | 1 101 | 0.62 |

Detección de cambio de uso del suelo y vegetación



Matriz del porcentaje de la superficie total por cambio de uso de suelo y vegetación, 1990-2000.

| | 2000 | Cuerpo de agua | Cultivo y pastizal | Humedal y zona de inundación | Urbano, industrial y suelo desnudo | Vegetación secundaria de selva y plantación |
|---|------|----------------|--------------------|------------------------------|------------------------------------|---|
| 1990 | | | | | | |
| Cuerpo de agua | 4.16 | | 0.05 | 0.50 | 0.07 | — |
| Cultivo y pastizal | 0.33 | 30.72 | | 5.64 | 1.55 | 3.21 |
| Humedal y zona de inundación | — | 5.65 | 16.86 | | 0.29 | 0.76 |
| Urbano, industrial y suelo desnudo | — | — | — | 4.70 | | — |
| Vegetación secundaria de selva y plantación | 0.08 | 13.75 | 2.72 | 0.16 | | 6.81 |

Simbología base

- Área de estudio
- Límites administrativos: Estatal, Municipal
- Población: Puntos censales/humanos
- Microtopografía superficial
- Cuerpo de agua

Fuentes cartográficas:
 LANDSAT 2000 Imágenes de satélite LANDSAT (ETM+) 2001, path: 2347 y 2348.
 LANDSAT 1990 Imágenes de satélite LANDSAT (TM) 1990, path: 2347 y 2348.

Instituciones participantes:
 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
 Instituto Nacional de Ecología
 Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
 Instituto de Geografía (UNAM)
 Proyecto de tesis: MEdH-1-0402007

Autores:
 Tzuc Agustín García
 Olivia Garmendia García
 Mayra Hernández Álvarez
 Celalberto
 José Luis Pérez Domínguez

Parámetros cartográficos:
 Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Datum: WGS84
 Esfera: Spheroid
 Zona: 15 Norte

Coordenada UTM zona 15N (300 metros):
 Escala numérica: 1:200,000

Esala gráfica: 0 1 2 4 6 8 10 Kilómetros

y zona de inundación se mantuvieron sin cambio en un 30.7%, 8.8% y 16.9%, respectivamente, siendo las clases que menos se modificaron.

Las transformaciones más importantes se dieron entre estas mismas clases, con un cambio de 13.75% de vegetación secundaria de selva y plantación a cultivo y pastizal, mientras que el proceso inverso ocurrió en sólo un 3.21% (cultivo y pastizal a vegetación secundaria selva y plantación, debido al abandono o descanso de los terrenos de cultivo). El otro cambio importante fue el de humedal y zona de inundación a cultivo y pastizal (5.65%). Las transformaciones menores al 1% de la superficie total del área de estudio, se consideran como estadísticamente no representativas, con una ocurrencia en 15 clases de cambio (cuadro B.6.1). En el cuadro B.6.2 está enlistada la tendencia de cambio en las 11 clases estadísticamente significativas, la cual está representada como el área correspondiente a estas transformaciones.

De acuerdo a este mapa, los mayores cambios de uso de suelo y vegetación se observan en la región al sur de Coatzacoalcos, principalmente en las regiones de inundación. Esto puede deberse a diversos factores tanto de tipo ambiental, principalmente precipitación, o bien al impacto antropogénico.

Este trabajo muestra el potencial de las técnicas de detección de cambio en ambientes propensos a una constante transformación. El análisis de los datos de cambio proporciona información adecuada para evaluar el nivel de cambio en el paisaje tanto en extensión como en composición. Asimismo, es posible inferir el impacto ocasionado por agentes ambientales y antropogénicos en la región estudiada.

REFERENCIAS

Borak J.S., E.F. Lambin and A.H. Strahler. 2000. The use of temporal metrics for land cover change detection at

coarse spatial scales. *International Journal of Remote Sensing*. 21:415-1432.

Campbell, J.B. 1996. *Introduction to Remote Sensing*, 2nd edition. Guilford Press, New York, USA.

Grover, K., S. Quegan, and C.D. Freitas. 1999. Quantitative estimation of tropical forest cover by SAR. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 37: 479-490.

Kaufmann, R. K. and K.C. Seto. 2001. Change detection, accuracy, and bias in a sequential analysis of Landsat imagery of the Pearl River Delta, China: econometric techniques. *Agriculture Ecosystems and Environment* 85:95-105.

Mas, J. F. 1999. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*. 20:139-152.

Read, J.M. and N. Lam. 2002. Spatial methods for characterising land cover and detecting landcover changes for the tropics. *International Journal of Remote Sensing*. 23:2457-2474.

Townshend, J.R.G. and C.O. Justice. 1995. Spatial variability of images and the monitoring of changes in the normalized difference vegetation index. *International Journal of Remote Sensing*. 16:2187-2196.

Weng, Q. 2002. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modeling. *Journal of Environmental Management*. 64:273-284.

B.7.A. REGISTRO DE GÉNEROS FLORÍSTICOS POR MUNICIPIO

Gustavo Carmona Díaz¹ y Saúl Hernández Carmona²

La vegetación del río Coatzacoalcos, en su parte baja, comprende 14 comunidades vegetales, asociaciones secundarias de plantas llamadas acahuals y pastizales. Estas comunidades vegetales primarias y secundarias están agrupadas dentro de la categoría de humedales, lo que indica que en alguna época del año están sometidas a inundaciones parciales o totales (Castillo-Campos *et al.*, 2005).

Esta heterogeneidad de ambientes vegetales que presenta la cuenca baja del río Coatzacoalcos está influenciada por los cambios en el sistema hidrodinámico del propio río y sus afluentes, donde a su vez la vegetación se convierte en moduladora del régimen hídrico de la zona a través de las lluvias, al almacenar agua y liberarla paulatinamente. De aquí la importancia de la conservación de la vegetación como hábitat, refugio y fuente de alimentación de las especies animales y como sitio de almacenamiento y purificación del agua (Lot y Novelo, 2004).

Partiendo desde el nivel del mar, las plantas de las dunas costeras representan la primera comunidad vegetal, seguidas de la vegetación acuática y

subacuática, el tular, los popales y ciperales y el manglar. Tierra adentro, la vegetación está conformada por la comunidad de plantas ribereñas, la selva alta y mediana perennifolia, el jimbal, el tasistal, el encinar y el pinar. Los acahuals están integrados por diferentes asociaciones de plantas pioneras que surgen después de una alteración natural o antropogénica en una comunidad primaria. Los pastizales representan grandes extensiones de gramíneas de diferentes especies con fines pecuarios. Este gran mosaico vegetal está integrado por diversas formas biológicas como árboles, arbustos, herbáceas, lianas, enredaderas, epífitas, hemiepífitas, parásitas y acuáticas que, en conjunto, representan una gran diversidad vegetal, donde algunas especies se encuentran en listas nacionales e internacionales de plantas con categoría de riesgo. Lo anterior se pretende plasmar en el presente mapa a través de la ubicación de las zonas y clases florísticas dominantes en la cuenca baja del río Coatzacoalcos.

El mapa considera las zonas y clases florísticas de los municipios de Agua Dulce, Coatzacoalcos, Cosoleacaque, Ixhuatlán del Sureste, Minatitlán, Moloacán y Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río. De cada municipio se anexa una lista con los géneros registrados (cuadro B.7.a.1). Esta lista fue obtenida de estudios sobre la flora que la Universidad Veracruzana ha realizado en esta región. Entre éstos, se han realizado inventarios de flora y fauna, análisis de abundancia y estructura, así como rescate de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2001) o por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Carmona-Díaz, 2003, Carmona-Díaz y Morales-Mavil, 2005).

A continuación se describen las características ecológicas particulares de cada comunidad vegetal con un diagnóstico de su estado actual, señalando aquellas especies con importancia de conservación por el hecho de estar enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 o la UICN.

DUNAS

Se presentan a lo largo de la línea costera y están integradas por especies herbáceas y arbustivas adaptadas a fuerte insolación y sustrato arenoso. Entre las especies se encuentran *Zamia furfuracea* (NOM-059-SEMARNAT, 2001), *Ipomoea pescaprae*, *I. stolonifera*, *Coccoloba barbadensis* y *Opuntia stricta*. Esta comunidad vegetal ha tenido graves daños por la expansión de la mancha urbana y las modificaciones a la zona portuaria del municipio de Coatzacoalcos. Las dunas de la parte baja del río Coatzacoalcos se han visto alteradas al grado de que existe una tendencia a que desaparezcan. Las áreas de dunas se limitan a pequeñas superficies, que no presentan las condiciones mínimas necesarias para que las especies animales y vegetales integren una comunidad vegetal.

VEGETACIÓN ACUÁTICA Y SUBACUÁTICA

Este tipo de vegetación, en esta parte del río, es la que presenta la mayor evidencia de daño, debido a que las especies que la integran dependen de la calidad del agua para sobrevivir. Muchas de éstas son indicadoras del estado de conservación del ecosistema acuático. Entre las especies que se encuentran con mayor frecuencia están *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Nymphaea* spp., *Pistia stratioides* y *Potamogeton* spp. La restauración de este ambiente dependerá fuertemente de que se minimize la contaminación que presenta el río Coatzacoalcos y sus afluentes.

TULAR

Esta comunidad está conformada por especies del género *Typha* (*T. domingensis* y *T. latifolia*). Los tulares, como comúnmente se les conoce, se extienden por un amplio territorio de la cuenca baja del río Coatzacoalcos. Su restauración no se considera la estrategia de conservación más urgente para lograr su sobrevivencia, sino la disminución de la expansión urbana.

POPAL

Los popales, como se conoce a esta agrupación de plantas, representan una amplia extensión de áreas dominadas por las especies herbáceas *Thalia geniculata*, *Pontederia stricta* y *P. sagittata*. Su conservación radica en el mantenimiento del régimen hídrico y de las extensiones pantanosas.

CIPERAL

Las especies dominantes de esta comunidad vegetal pertenecen al género *Cyperus*. Al igual que los popales y los tulares, son grandes extensiones donde predominan individuos de *C. articulatus*, *C. hermafroditus*, *C. níger* y *C. lingularis*. La amenaza de esta comunidad se debe al azolve de los cuerpos de agua que las albergan y al cambio hidrodinámico de las zonas pantanosas.

MANGLAR

El manglar se encuentra en las márgenes del río Coatzacoalcos y en la Laguna del Ostión en el municipio de Coatzacoalcos, así como en el río Tonalá en el municipio de Agua Dulce. Está integrado por cuatro especies de mangle que son: *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, todas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001. La situación es crítica para esta comunidad vegetal por la reducción de sus áreas. El mangle botoncillo (*C. erectus*) es la especie más amenazada debido al uso no sustentable de sus individuos y a la baja tasa de reclutamiento de la especie. Esta comunidad puede ser restaurada con programas de rehabilitación, reforestación y restauración bajo supervisión de técnicos y especialistas.

VEGETACIÓN RIPARIA

Este tipo de vegetación es la que crece en las márgenes de ríos, arroyos y lagunas interiores de agua dulce.

¹Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Universidad Veracruzana. gcarmona@uv.mx.

²Instituto de Neuroetología. Universidad Veracruzana. saulhc80@yahoo.com.

Las especies que la integran son arbóreas y arbustivas. Entre éstas destacan, por su categoría de riesgo, *Andira galeottiana* (UICN, 2001) y *Tetrorchidium rotundatum* (NOM-059-SEMARNAT-2001). La tala inmoderada es la principal causa de deterioro de esta vegetación, pero con programas de reforestación es posible su restauración.

SELVA ALTA PERENNIFOLIA

Este tipo de selva se presenta en la zona en pequeños fragmentos relictuales y esparcidos, que albergan una gran diversidad de especies vegetales. Los árboles dominantes alcanzan tallas de 30 a 40 m de altura. Las especies características son *Manilkara sapota*, *Pouteria sapota*, *Tabebuia chrysantha*, *Brosimum alicastrum*, *Dialium guianense*, *Lonchocarpus cruentus*, *Bursera simaruba* y *Terminalia amazonia*. Es notable la abundancia de especies epífitas como orquídeas y bromelias. El cambio de uso del suelo, a través de la deforestación, es la amenaza más notoria para esta comunidad primaria. La conservación de los relictos y los programas de reforestación son opciones para su restauración.

SELVA MEDIANA PERENNIFOLIA

La selva mediana se presenta en mayor extensión que la selva alta, pero también en pequeños fragmentos. Es común encontrar este tipo de vegetación asociada con palmares y en las cercanías de tulares, popales o ciperales. Los árboles son los elementos más abundantes, con tallas de hasta 25 m de altura. Esta comunidad comparte especies vegetales con la selva alta y con la riparia. Es abundante la presencia de lianas y en menor escala de epífitas. Las especies de este tipo de vegetación son similares a las de selva alta, pero con dimensiones estructurales menores.

JIMBAL

Este tipo de vegetación está formada por una sola especie, *Olmeca recta*, una gramínea de distribución restringida y endémica de México. Esta vegetación no es muy frecuente, pero se presenta en amplias extensiones muy cerca de la selva mediana o alta perennifolia. *O. recta* es una especie pionera que se establece en áreas donde ha ocurrido algún tipo de perturbación. Esta especie se encuentra en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT, 2001).

TASISTAL

Está formado por palmas que se encuentran en amplias extensiones de terreno o sabanas. La especie característica del tasistal es *Acoelorrhapha whrightii*. En ocasiones se presenta en asociación con la selva alta y mediana.

ENCINAR

Los encinares tropicales de esta zona del río Coatzacoalcos son pequeños fragmentos aislados o a veces individuos de encinos dispersos en pastizales u otros potreros. Las especies características de los encinares son *Quercus oleoides*, *Q. conversa*, *Q. glaucescens* y *Q. peduncularis*. Esta vegetación está en grave riesgo de desaparecer por la tala inmoderada y la reducción de sus áreas por cambio de uso del suelo.

ACAHUALES

Los acahuales son asociaciones de vegetación secundaria derivada de alguna modificación sobre un tipo de comunidad primaria terrestre. Estas asociaciones representan grandes extensiones de vegetación. Su importancia radica en el estado sucesional de muchas de las especies vegetales para restaurar la vegetación original. Además, dependiendo de la edad del acahual, puede albergar una gran diversidad vegetal y animal. Entre las

especies características se encuentran *Croton draco*, *Hampea nutricia*, *Heliocarpus donnel-smithii*, *Conostegia xalapensis* y *Byrsonima crassifolia*.

PASTIZAL

Los pastizales inducidos representan la mayor cobertura vegetal en esta parte de la cuenca baja del río Coatzacoalcos. La expansión ganadera y agrícola ha favorecido su presencia. Ahora es común ver potreros con pocos árboles aislados y esparcidos donde antes había algún tipo de vegetación primaria. Entre los pastos están las especies *Panicum maximum* y *Paspalum conjugatum*.

Los tipos de asociaciones vegetales que se mencionan anteriormente representan la vegetación de la cuenca del río Coatzacoalcos. Aquellos en los cuales se localiza infraestructura petrolera, como ductos o pozos, pueden considerarse mayormente amenazados ante la posibilidad de un derrame de hidrocarburos.

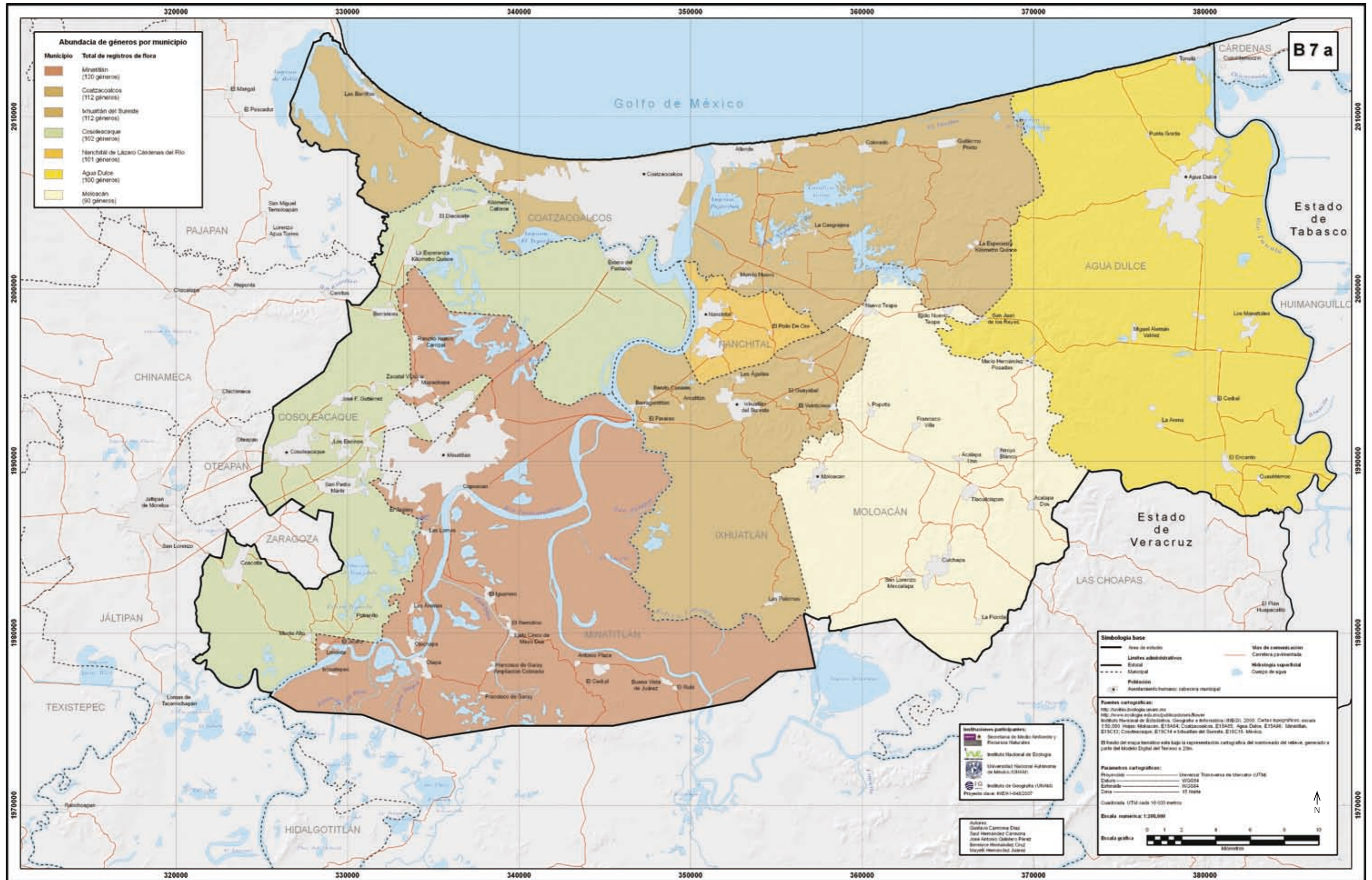
REFERENCIAS

- Castillo-Campos, G., M. E. Medina, P. D. Dávila, y J. E. Zavala. 2005. Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*. 73: 19-57.
- Carmona-Díaz, G. 2003. *Rescate de especies de flora en el nuevo camino de acceso a la Refinería de Minatitlán, Veracruz*. Informe final de actividades. Instituto de Neuroetología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- y J. E. Morales-Mávil. 2005. *Derrame de crudo en la línea de 30" Ø - Nuevo Teapa - Poza Rica en el km 9 + 300, municipio de Minatitlán, Veracruz*. Informe final de actividades. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria (FISPA) e Instituto de Neuroetología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Lot, A. y A. Novelo. 2004. *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores*.

Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2001. NOM-059-SEMARNAT-2001. *Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo*. México.

Registro de géneros florísticos por municipio



CUADRO B.7.A.1. GÉNEROS DE FLORA REPRESENTATIVOS DE CADA MUNICIPIO.
ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

| Agua Dulce | Coatzacoalcos | Cosoleacaque | Ixhuatlán del Sureste | Minatitlán | Moloacan | Nanchital de Lázaro Cárdenas del río |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| <i>Acoelorrhaphe</i> | <i>Acoelorrhaphe</i> | <i>Acoelorrhaphe</i> | <i>Acoelorrhaphe</i> | <i>Adenocalymma</i> | <i>Acoelorrhaphe</i> | <i>Acrostichum</i> |
| <i>Acrostichum</i> | <i>Acrostichum</i> | <i>Adelia</i> | <i>Adelia</i> | <i>Adelia</i> | <i>Adelia</i> | <i>Abarema</i> |
| <i>Adelia</i> | <i>Adelia</i> | <i>Adenocalymma</i> | <i>Adiantum</i> | <i>Adiantum</i> | <i>Aegiphila</i> | <i>Abatia</i> |
| <i>Aechmea</i> | <i>Aechmea</i> | <i>Aegiphila</i> | <i>Aegiphila</i> | <i>Aegiphila</i> | <i>Allamanda</i> | <i>Abutilon</i> |
| <i>Aegiphila</i> | <i>Aegiphila</i> | <i>Allamanda</i> | <i>Allamanda</i> | <i>Allamanda</i> | <i>Andira</i> | <i>Acacia</i> |
| <i>Allamanda</i> | <i>Allamanda</i> | <i>Alophia</i> | <i>Andira</i> | <i>Alophia</i> | <i>Anemopaegma</i> | <i>Acaciella</i> |
| <i>Andira</i> | <i>Aniseia</i> | <i>Anaira</i> | <i>Anemopaegma</i> | <i>Andira</i> | <i>Anioseia</i> | <i>Acoelorrhaphe</i> |
| <i>Anemopaegma</i> | <i>Andira</i> | <i>Anemopaegma</i> | <i>Annona</i> | <i>Anemopaegma</i> | <i>Annona</i> | <i>Adelia</i> |
| <i>Annona</i> | <i>Anemopaegma</i> | <i>Annona</i> | <i>Asclepias</i> | <i>Annona</i> | <i>Anthurium</i> | <i>Aechmea</i> |
| <i>Anthurium</i> | <i>Annona</i> | <i>Anoda</i> | <i>Banisteriopsis</i> | <i>Anthurium</i> | <i>Aristolochia</i> | <i>Aegiphila</i> |
| <i>Avicennia</i> | <i>Anoda</i> | <i>Anthurium</i> | <i>Begonia</i> | <i>Asclepias</i> | <i>Banisteriopsis</i> | <i>Allamanda</i> |
| <i>Banisteriopsis</i> | <i>Anthurium</i> | <i>Avicennia</i> | <i>Bernardia</i> | <i>Banisteriopsis</i> | <i>Borreria</i> | <i>Andira</i> |
| <i>Begonia</i> | <i>Aristolochia</i> | <i>Banisteriopsis</i> | <i>Borreria</i> | <i>Bernardia</i> | <i>Bursera</i> | <i>Anemopaegma</i> |
| <i>Borreria</i> | <i>Avicennia</i> | <i>Begonia</i> | <i>Brachiaria</i> | <i>Borreria</i> | <i>Carica</i> | <i>Annona</i> |
| <i>Brassavola</i> | <i>Banisteriopsis</i> | <i>Borreria</i> | <i>Briza</i> | <i>Brachiaria</i> | <i>Cecropia</i> | <i>Anthurium</i> |
| <i>Bursera</i> | <i>Begonia</i> | <i>Bursera</i> | <i>Bursera</i> | <i>Briza</i> | <i>Ceiba</i> | <i>Avicennia</i> |
| <i>Carica</i> | <i>Borreria</i> | <i>Casuarina</i> | <i>Caperonia</i> | <i>Bursera</i> | <i>Ceratozamia</i> | <i>Banisteriopsis</i> |
| <i>Cecropia</i> | <i>Bursera</i> | <i>Cecropia</i> | <i>Carica</i> | <i>Caperonia</i> | <i>Cionosicyus</i> | <i>Begonia</i> |
| <i>Ceiba</i> | <i>Carica</i> | <i>Ceiba</i> | <i>Casearea</i> | <i>Carica</i> | <i>Cissampelos</i> | <i>Borreria</i> |
| <i>Cionosicyus</i> | <i>Casuarina</i> | <i>Cionosicyus</i> | <i>Cecropia</i> | <i>Casearea</i> | <i>Cissus</i> | <i>Bursera</i> |
| <i>Cissus</i> | <i>Cecropia</i> | <i>Cissus</i> | <i>Ceiba</i> | <i>Cecropia</i> | <i>Citharexylum</i> | <i>Cecropia</i> |
| <i>Citharexylum</i> | <i>Ceiba</i> | <i>Citharexylum</i> | <i>Chamaecrista</i> | <i>Ceiba</i> | <i>Combretum</i> | <i>Ceiba</i> |
| <i>Cochlospermum</i> | <i>Cionosicyus</i> | <i>Combretum</i> | <i>Cionosicyus</i> | <i>Chamaecrista</i> | <i>Conostegia</i> | <i>Cionosicyus</i> |
| <i>Combretum</i> | <i>Cissus</i> | <i>Conostegia</i> | <i>Cissus</i> | <i>Cionosicyus</i> | <i>Cordia</i> | <i>Cissus</i> |
| <i>Conostegia</i> | <i>Citharexylum</i> | <i>Cordia</i> | <i>Citharexylum</i> | <i>Cissus</i> | <i>Cupania</i> | <i>Citharexylum</i> |
| <i>Cordia</i> | <i>Cochlospermum</i> | <i>Cratella</i> | <i>Combretum</i> | <i>Citharexylum</i> | <i>Cynometra</i> | <i>Combretum</i> |
| <i>Curculigo</i> | <i>Combretum</i> | <i>Cupania</i> | <i>Conostegia</i> | <i>Cnidosculus</i> | <i>Cyperus</i> | <i>Conostegia</i> |
| <i>Cupania</i> | <i>Conocarpus</i> | <i>Curatella</i> | <i>Cordia</i> | <i>Combretum</i> | <i>Desmodium</i> | <i>Cordia</i> |
| <i>Cynometra</i> | <i>Conostegia</i> | <i>Cynometra</i> | <i>Crataeva</i> | <i>Conostegia</i> | <i>Dioscorea</i> | <i>Cupania</i> |
| <i>Cyperus</i> | <i>Cordia</i> | <i>Cyperus</i> | <i>Crusea</i> | <i>Cordia</i> | <i>Doliocarpus</i> | <i>Curatella</i> |
| <i>Dalbergia</i> | <i>Cupania</i> | <i>Desmodium</i> | <i>Cupania</i> | <i>Crataeva</i> | <i>Eleocharis</i> | <i>Curculigo</i> |
| <i>Desmodium</i> | <i>Curatella</i> | <i>Desmoncus</i> | <i>Cuphea</i> | <i>Crusea</i> | <i>Ficus</i> | <i>Cynometra</i> |
| <i>Dioscorea</i> | <i>Cynometra</i> | <i>Dicranopteris</i> | <i>Curatella</i> | <i>Cupania</i> | <i>Gliricidia</i> | <i>Cyperus</i> |
| <i>Doliocarpus</i> | <i>Cyperus</i> | <i>Dioscorea</i> | <i>Cynometra</i> | <i>Cuphea</i> | <i>Guazuma</i> | <i>Dalbergia</i> |
| <i>Eleocharis</i> | <i>Dalbergia</i> | <i>Doliocarpus</i> | <i>Cyperus</i> | <i>Curatella</i> | <i>Hibiscus</i> | <i>Desmodium</i> |
| <i>Epidendrum</i> | <i>Dendropanax</i> | <i>Eleocharis</i> | <i>Desmodium</i> | <i>Cynometra</i> | <i>Hymenocallis</i> | <i>Dioscorea</i> |
| <i>Ficus</i> | <i>Desmodium</i> | <i>Eugenia</i> | <i>Dioscorea</i> | <i>Cyperus</i> | <i>Hippocratea</i> | <i>Doliocarpus</i> |
| <i>Gliricidia</i> | <i>Oreopanax</i> | <i>Ficus</i> | <i>Doliocarpus</i> | <i>Desmodium</i> | <i>Hymenocallis</i> | <i>Eleocharis</i> |

CUADRO B.7.A.1. CONTINÚA.

| Agua Dulce | Coatzacoalcos | Cosoleacaque | Ixhuatlán del Sureste | Minatitlán | Moloacan | Nanchital de Lázaro Cárdenas del río |
|----------------|---------------|----------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------------------------------|
| Guazuma | Desmoncus | Gliricidia | Eleocharis | Dioscorea | Hyptis | Epidendrum |
| Habenaria | Dioscorea | Guazuma | Erechtites | Doliocarpus | Inga | Ficus |
| Hibiscus | Doliocarpus | Hibiscus | Euphorbia | Eleocharis | Ipomoea | Gliricidia |
| Hippocratea | Echinodorus | Hippocratea | Ficus | Erechtites | Lemna | Guazuma |
| Hymenocallis | Eleocharis | Hymenocallis | Gliricidia | Euphorbia | Ludwigia | Hibiscus |
| Hyptis | Eugenia | Hyptis | Guazuma | Ficus | Lycianthes | Hippocratea |
| Inga | Ficus | Inga | Hibiscus | Gliricidia | Malvaviscus | Hymenocallis |
| Ipomoea | Gliricidia | Ipomoea | Hippocratea | Guazuma | Melanthera | Hyptis |
| Laguncularia | Guazuma | Lemna | Hymenocallis | Hernandia | Melothria | Inga |
| Lemna | Habenaria | Lindsaea | Hyptis | Hibiscus | Mikania | Ipomoea |
| Ludwigia | Hibiscus | Ludwigia | Inga | Hippocratea | Mimosa | Laguncularia |
| Lycianthes | Hippocratea | Lycianthes | Ipomoea | Hymenocallis | Momordica | Lemna |
| Malvaviscus | Hymenocallis | Malvaviscus | Lantana | Hyptis | Nymphaea | Ludwigia |
| Melanthera | Hyptis | Melanthera | Lemna | Inga | Ocotea | Lycianthes |
| Melothria | Inga | Melothria | Lonchocarpus | Ipomoea | Oncidium | Malvaviscus |
| Mikania | Ipomoea | Mikania | Ludwigia | Lantana | Pachira | Melanthera |
| Mimosa | Laguncularia | Mimosa | Lycianthes | Lemna | Panicum | Melothria |
| Momordica | Lemna | Momordica | Malvaviscus | Lindsaea | Passiflora | Mikania |
| Mouriri | Ludwigia | Nymphaea | Melanthera | Lonchocarpus | Paullinia | Mimosa |
| Nidema | Lycianthes | Ochroma | Melothria | Ludwigia | Pavonia | Momordica |
| Nymphaea | Malvaviscus | Ocotea | Mikania | Lycianthes | Pennisetum | Nymphaea |
| Ocotea | Melanthera | Oncidium | Mimosa | Malvaviscus | Pepinia | Ocotea |
| Oncidium | Melothria | Pachira | Momordica | Melanthera | Phoradendron | Oncidium |
| Pachira | Mikania | Panicum | Neea | Melothria | Phragmites | Pachira |
| Panicum | Mimosa | Passiflora | Nemastylis | Mikania | Physalis | Panicum |
| Paspalum | Momordica | Paullinia | Nymphaea | Mimosa | Piper | Passiflora |
| Passiflora | Nymphaea | Pavonia | Ocotea | Momordica | Pithecellobium | Paspalum |
| Paullinia | Ochroma | Pennisetum | Oncidium | Neea | Polygonum | Paullinia |
| Pavonia | Ocotea | Phoradendron | Pachira | Nemastylis | Psidium | Pavonia |
| Pennisetum | Oncidium | Phragmites | Panicum | Nymphaea | Psittacanthus | Pennisetum |
| Phoradendron | Ormosia | Physalis | Passiflora | Ocotea | Psychotria | Phoradendron |
| Phragmites | Pachira | Piper | Paullinia | Oncidium | Rhabdadenia | Phragmites |
| Physalis | Panicum | Pithecellobium | Pavonia | Pachira | Rhipsalis | Physalis |
| Piper | Passiflora | Polygonum | Pennisetum | Panicum | Rivina | Piper |
| Pithecellobium | Paullinia | Psidium | Phoradendron | Paspalum | Sagittaria | Pithecellobium |
| Polygonum | Pavonia | Psittacanthus | Phragmites | Passiflora | Salix | Polygonum |
| Psidium | Pennisetum | Psychotria | Physalis | Paullinia | Sapindus | Psidium |
| Psittacanthus | Phoradendron | Rhabdadenia | Piper | Pavonia | Sapium | Psittacanthus |
| Rhabdadenia | Phragmites | Rhipsalis | Pithecellobium | Pennisetum | Selenicereus | Rhabdadenia |

CUADRO B.7.A.1. CONTINÚA.

| Agua Dulce | Coatzacoalcos | Cosoleacaque | Ixhuatlán del Sureste | Minatitlán | Moloacan | Nanchital de Lázaro Cárdenas del río |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| <i>Rhipsalis</i> | <i>Physalis</i> | <i>Rhizophora</i> | <i>Polygonum</i> | <i>Phoradendrom</i> | <i>Serjania</i> | <i>Rhipsalis</i> |
| <i>Rhizophora</i> | <i>Piper</i> | <i>Rivina</i> | <i>Psidium</i> | <i>Phragmites</i> | <i>Sicydium</i> | <i>Rhizophora</i> |
| <i>Rivina</i> | <i>Pithecellobium</i> | <i>Sagittaria</i> | <i>Psittacanthus</i> | <i>Physalis</i> | <i>Sida</i> | <i>Rivina</i> |
| <i>Sagittaria</i> | <i>Polygonum</i> | <i>Salix</i> | <i>Psychotria</i> | <i>Piper</i> | <i>Solanum</i> | <i>Sagittaria</i> |
| <i>Salix</i> | <i>Psidium</i> | <i>Sapindus</i> | <i>Rhabdadenia</i> | <i>Pithecellobium</i> | <i>Stigmaphyllon</i> | <i>Salix</i> |
| <i>Sapindus</i> | <i>Psittacanthus</i> | <i>Sapium</i> | <i>Rhipsalis</i> | <i>Polygonum</i> | <i>Syngonium</i> | <i>Sapindus</i> |
| <i>Selenicereus</i> | <i>Psychotria</i> | <i>Selenicereus</i> | <i>Richardia</i> | <i>Psidium</i> | <i>Tabernaemontana</i> | <i>Sapium</i> |
| <i>Serjania</i> | <i>Rhabdadenia</i> | <i>Serjania</i> | <i>Rivina</i> | <i>Psittacanthus</i> | <i>Terminalia</i> | <i>Selenicereus</i> |
| <i>Sicydium</i> | <i>Rhipsalis</i> | <i>Sicydium</i> | <i>Sagittaria</i> | <i>Psychotria</i> | <i>Thalia</i> | <i>Serjania</i> |
| <i>Sida</i> | <i>Rhizophora</i> | <i>Sida</i> | <i>Salix</i> | <i>Rhabdadenia</i> | <i>Tillandsia</i> | <i>Sicydium</i> |
| <i>Solanum</i> | <i>Rivina</i> | <i>Solanum</i> | <i>Sapindus</i> | <i>Rhipsalis</i> | <i>Trichilia</i> | <i>Sida</i> |
| <i>Stigmaphyllon</i> | <i>Sacoila</i> | <i>Stigmaphyllon</i> | <i>Sapium</i> | <i>Richardia</i> | <i>Trichostigma</i> | <i>Solanum</i> |
| <i>Syngonium</i> | <i>Sagittaria</i> | <i>Syngonium</i> | <i>Scleria</i> | <i>Rivina</i> | <i>Tridax</i> | <i>Stigmaphyllon</i> |
| <i>Tabernaemontana</i> | <i>Salix</i> | <i>Tabernaemontana</i> | <i>Selenicereus</i> | <i>Sagittaria</i> | <i>Typha</i> | <i>Syngonium</i> |
| <i>Terminalia</i> | <i>Sapindus</i> | <i>Terminalia</i> | <i>Serjania</i> | <i>Salix</i> | <i>Viola</i> | <i>Tabernaemontana</i> |
| <i>Thalia</i> | <i>Sapium</i> | <i>Thalia</i> | <i>Sicydium</i> | <i>Sapindus</i> | <i>Vitis</i> | <i>Terminalia</i> |
| <i>Tillandsia</i> | <i>Selenicereus</i> | <i>Tillandsia</i> | <i>Sida</i> | <i>Sapium</i> | | <i>Thalia</i> |
| <i>Trichilia</i> | <i>Serjania</i> | <i>Trichilia</i> | <i>Sisyrinchium</i> | <i>Scleria</i> | | <i>Tillandsia</i> |
| <i>Trichostigma</i> | <i>Sicydium</i> | <i>Trichostigma</i> | <i>Solanum</i> | <i>Selenicereus</i> | | <i>Trichilia</i> |
| <i>Tridax</i> | <i>Sida</i> | <i>Tridax</i> | <i>Sphenoclea</i> | <i>Serjania</i> | | <i>Trichostigma</i> |
| <i>Typha</i> | <i>Solanum</i> | <i>Typha</i> | <i>Stigmaphyllon</i> | <i>Sicydium</i> | | <i>Typha</i> |
| <i>Viola</i> | <i>Spondias</i> | <i>Urochloa</i> | <i>Syngonium</i> | <i>Sida</i> | | <i>Viola</i> |
| <i>Zuelania</i> | <i>Stigmaphyllon</i> | <i>Viola</i> | <i>Tabernaemontana</i> | <i>Sisyrinchium</i> | | <i>Vitis</i> |
| | <i>Syngonium</i> | <i>Vitis</i> | <i>Tagetes</i> | <i>Solanum</i> | | <i>Zuelania</i> |
| | <i>Tabernaemontana</i> | <i>Zamia</i> | <i>Terminalia</i> | <i>Spondias</i> | | |
| | <i>Terminalia</i> | | <i>Thalia</i> | <i>Stigmaphyllon</i> | | |
| | <i>Thalia</i> | | <i>Tillandsia</i> | <i>Syngonium</i> | | |
| | <i>Tillandsia</i> | | <i>Trema</i> | <i>Tabernaemontana</i> | | |
| | <i>Trichilia</i> | | <i>Trichilia</i> | <i>Tagetes</i> | | |
| | <i>Trichostigma</i> | | <i>Trichostigma</i> | <i>Terminalia</i> | | |
| | <i>Tridax</i> | | <i>Tridax</i> | <i>Thalia</i> | | |
| | <i>Typha</i> | | <i>Turnera</i> | <i>Tillandsia</i> | | |
| | <i>Viola</i> | | <i>Typha</i> | <i>Trema</i> | | |
| | <i>Vitis</i> | | <i>Viola</i> | <i>Trichilia</i> | | |
| | <i>Zuelania</i> | | <i>Zuelania</i> | <i>Trichostigma</i> | | |
| | | | | <i>Tridax</i> | | |
| | | | | <i>Turnera</i> | | |
| | | | | <i>Typha</i> | | |
| | | | | <i>Urochloa</i> | | |

CUADRO B.7.A.1. CONTINÚA.

ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

| Agua Dulce | Coatzacoalcos | Cosoleacaque | Ixhuatlán del Sureste | Minatitlán | Moloacan | Nanchital de Lázaro Cárdenas del río |
|------------|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|----------|--------------------------------------|
| | | | | <i>Viola</i> | | |
| | | | | <i>Vitis</i> | | |
| | | | | <i>Zuelania</i> | | |
| | | | | <i>Zamia</i> | | |
| 100 | 112 | 102 | 112 | 120 | 93 | 101 |

ESTUDIOS DE OTRAS INSTITUCIONES

| Género | Familia | División | Clase | Fuente | Fascículo/Año |
|----------------------|------------------|---------------|---------------|---|---------------|
| <i>Abarema</i> | Mimosaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Abatia</i> | Flacourtiaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | |
| <i>Abutilon</i> | Malvaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 68, 1992 |
| <i>Acacia</i> | Mimosaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Acaciella</i> | Mimosaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | |
| <i>Acoelorrhaphe</i> | Arecaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | | |
| <i>Adenocalymma</i> | Bignoniaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 100, 1997 |
| <i>Aechmea</i> | Bromeliaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | | 136, 2005 |
| <i>Alophia</i> | Iridaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | | 105, 1998 |
| <i>Aniseia</i> | Convolvulaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 73, 1993 |
| <i>Anoda</i> | Malvaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 68, 1992 |
| <i>Aristolochia</i> | Aristolochiaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 99, 1997 |
| <i>Avicennia</i> | Verbenaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Begonia</i> | Begoniaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 100, 1997 |
| <i>Brassavola</i> | Orchidaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | | 106, 1998 |
| <i>Carica</i> | Caricaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 10, 1980 |
| <i>Casuarina</i> | Casuarinaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 27, 1983 |
| <i>Ceiba</i> | Bombacaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 107, 1998 |
| <i>Ceratozamia</i> | Zamiaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Cissampelos</i> | Menispermaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 87, 1995 |
| <i>Cochlospermum</i> | Bixaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Curatella</i> | Dilleniaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 134, 2004 |
| <i>Curculigo</i> | Liliaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Dendropanax</i> | Araliaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 8, 1979 |
| <i>Desmoncus</i> | Arecaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Dicranopteris</i> | Gleicheniaceae | Pteridophyta | Filicopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 69, 1992 |

ESTUDIOS DE OTRAS INSTITUCIONES

| Género | Familia | División | Clase | Fuente | Fascículo/Año |
|----------------------|------------------|---------------|---------------|---|---------------|
| <i>Eugenia</i> | Myrtaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 62, 1990 |
| <i>Epidendrum</i> | Orchidaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | | 106, 1998 |
| <i>Habenaria</i> | Orchidaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | | 106, 1998 |
| <i>Hernandia</i> | Hernandiaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 67, 1992 |
| <i>Hibiscus</i> | Malvaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 68, 1992 |
| <i>Hymenophyllum</i> | Hymenophyllaceae | Pteridophyta | Filicopsida | | 63, 1991 |
| <i>Laguncularia</i> | Combretaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Lindsaea</i> | Dennstaedtiaceae | Pteridophyta | Filicopsida | | |
| <i>Malvaviscus</i> | Malvaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 68, 1992 |
| <i>Momordica</i> | Cucurbitaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 74, 1993 |
| <i>Mouriri</i> | Melastomataceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Nidema</i> | Orchidaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 106, 1998 |
| <i>Ochroma</i> | Bombacaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Oreopanax</i> | Araliaceae | Magnoliophyta | magnoliopsida | | 8, 1979 |
| <i>Ormosia</i> | Fabaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | |
| <i>Pachira</i> | Bombacaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 107, 1998 |
| <i>Panicum</i> | Poaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | | 123, 2001 |
| <i>Paspalum</i> | Poaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | | 123, 2001 |
| <i>Peperomia</i> | Piperaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Psychotria</i> | Rubiaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | |
| <i>Rhizophora</i> | Rhizophoraceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 12, 1980 |
| <i>Sacoila</i> | Orchidaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | | 106, 1998 |
| <i>Sagittaria</i> | Alismataceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 37, 1984 |
| <i>Sphenoclea</i> | Sphenocleaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | | 142, 2007 |
| <i>Spondias</i> | Anacardiaceae | Magnoliophyta | Magnoliopsida | http://unibio.ibiologia.unam.mx | |
| <i>Urochloa</i> | Poaceae | Magnoliophyta | Liliopsida | http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/flower | 123, 2001 |

B.7.B. REGISTRO DE GÉNEROS DE VERTEBRADOS POR MUNICIPIO

Jorge E. Morales-Mávila¹ y Emilio A. Suárez-Domínguez¹

La base de la diversidad biológica que existe en el estado de Veracruz se centra en la amplia variedad de climas, su variada topografía y reciente orografía, lo cual provoca que en el estado se encuentren la mayoría de los tipos de vegetación que ocurren en el país, entre los que destacan la selva alta perennifolia, la selva baja caducifolia, el bosque mesófilo de montaña, los bosques de coníferas, los manglares, la vegetación de galería y los páramos de altura, entre otros. Con respecto a la fauna, la riqueza del estado se ha cuantificado en 85 especies de anfibios, 208 de reptiles (Pelcastre y Flores-Villela, 1992), 689 de aves (Martínez-Gómez, 1996) y 192 de mamíferos (González-Christen *et al.*, 2002).

Pérez-Higareda y Navarro (1980) dividen al estado en cuatro regiones zoogeográficas: la Norte, la Central, la Sur y la de Los Tuxtlas. La zona de Coatzacoalcos-Minatitlán se sitúa en la región Sur, la cual está dominada por humedales y selvas perennes. La presencia de ambientes tropicales en esta región predice la existencia de una alta riqueza de fauna. Sin embargo, esta zona también se caracteriza por la presencia de una de las infraestructuras petroleras más importantes del país,

además de que es afectada por una fuerte presión de reducción, fragmentación y destrucción del hábitat. Esto hace que la diversidad de fauna se vea afectada en su abundancia y distribución.

Por lo anterior, se hace indispensable contar con información reciente que muestre la riqueza y distribución actual de las especies de vertebrados silvestres de la región, de tal manera que sirva de referencia para las autoridades de los gobiernos municipales, estatales o federales. El mapa que aquí se presenta tiene como objetivo principal mostrar información sobre los registros de los géneros de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) por municipio de la zona de Coatzacoalcos. Esta información puede contribuir a facilitar la toma de decisiones respecto a ordenamientos territoriales o planes de desarrollo, así como a predecir posibles cambios en la riqueza y diversidad de organismos debido a contingencias ambientales, incluyendo derrames de hidrocarburos, y servir de apoyo para las propuestas de manejo y conservación de la zona.

La información que presenta el mapa fue obtenida a partir de la revisión de las siguientes bases de datos: 1) CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/se/fichas/doctos>); 2) UNAM (<http://unibio.ibiologia.unam.mx>); 3) Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, así como de información de trabajo en campo realizado por los autores entre 2004 y 2007 en la región Coatzacoalcos-Minatitlán. Las bases de datos proporcionaron información sobre los registros de los vertebrados de la zona de Coatzacoalcos, que incluyen siete municipios: 1) Agua Dulce, 2) Coatzacoalcos, 3) Cosoleacaque, 4) Ixhuatlán del Sureste, 5) Minatitlán, 6) Moloacán y 7) Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río (cuadros B.7.B.1 a B.7.B.4). El mapeo de la distribución de los vertebrados se realizó a partir de las coordenadas geográficas de los registros individuales de cada especie, contenidas en las tres bases de datos mencionadas, utilizando el programa SIG ArcGIS 9.2.

La diversidad de fauna de la región se ha estimado en 56 especies de anfibios y reptiles (lo cual corresponde al 40% para el estado de Veracruz), 116 especies de aves (16.5% de la avifauna reportada para este estado) y 60 especies de mamíferos (10% del total estatal). De esta riqueza de vertebrados se identifican dos anfibios, 12 reptiles, 14 aves y dos mamíferos en alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2001; Reynoso-Rosales *et al.*, 2004; Coria-Castañeda, 2006; Mestizo-Rivera, 2006; Morales-Mávila *et al.*, 2005, 2006 y 2007).

La diversidad, la abundancia y la distribución de las especies es diferente en los ambientes del área de estudio, debido a que el estado de conservación de los ecosistemas es heterogéneo en la región. Esto se debe principalmente a la presión humana basada en el desarrollo de la industria petrolera, el crecimiento urbano que provoca una enorme cantidad de desechos sólidos y flujo de aguas negras y la presencia de fábricas de fertilizantes y zonas agrícolas.

Los sitios identificados hasta ahora con mayor diversidad de fauna (esto posiblemente relacionado por el mayor número de colectas) se localizan en las zonas de Minatitlán y Cosoleacaque, donde se encuentra una gran proporción de manglar. Como representantes de la riqueza en este ecosistema, destacan los anfibios, reptiles y aves, además de quirópteros (murciélagos). También destacan algunas zonas cercanas a Minatitlán, donde se encuentra vegetación riparia, popal y tular, a las cuales se asocian varias especies de anfibios y tortugas.

Dentro de las especies a destacar en la región de estudio, se encuentran las siguientes: para los anfibios, la cecilia (*Dermophis mexicanus*), que encuentra un hábitat adecuado sobre todo en los humedales de la zona de Minatitlán, así como la rana *Lithobates berlandieri*, que se localiza en casi todos los ambientes acuáticos, principalmente a lo largo del río Coatzacoalcos. Ambas especies están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, en la categoría sujeta a protección especial. Para el caso de los reptiles, destaca la gran abundancia y

distribución de las dos especies de iguanas que existen en el estado, la verde (*Iguana iguana*) y la negra (*Ctenosaura acanthura*), catalogada en la categoría sujeta a protección especial, esta última ha colonizado con éxito las áreas perturbadas, incluyendo sitios con tuberías en desuso; su importancia se acentúa considerando que es una especie endémica de México, con distribución principal en el Estado de Veracruz. Los humedales de la zona y, en particular el manglar asociado al río Coatzacoalcos, albergan varias especies de tortugas, entre las que resaltan la taimán (*Claudius angustatus*) que se encuentra dentro del estatus en peligro de extinción; la pochitoque (*Kinosternon leucostomum*) y la lagarto (*Chelydra serpentina*), consideradas en la categoría sujeta a protección especial; así como el cocodrilo (*Crocodylus moreletii*). Mientras que en el grupo de las serpientes ocurren la mazacuata (*Boa constrictor*), la serpiente semiacuática (*Thamnophis proximus*), la falsa coral (*Lampropeltis triangulum*), la corredora (*Coluber mentovarius*) y la ranera (*Leptophis mexicanus*); todas ellas incluidas en la categoría amenazada, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana-059.

Con respecto a las aves, se pueden mencionar como especies en mayor riesgo al pato silvestre (*Cairina moschata*, en peligro de extinción), el halcón aplomado (*Falco femoralis*, amenazado) y el búho de cara blanca (*Pseudoscops clamator*, amenazado). La riqueza de especies en la cuenca se asocia más al ecosistema de manglar; allí se puede encontrar una conspicua comunidad de aves acuáticas que conforman importantes sitios de anidación en el interior de la vegetación.

Para el caso de los mamíferos, los humedales favorecen la presencia de la nutria (*Lontra longicaudis*), incluida en la categoría amenazada. Otras especies de mamíferos dignos de mención son el puerco espín (*Sphiggurus mexicanus*), el grisón (*Galictis vittata*) y el jaguarundi (*Herpailurus jaguarondi*), todas ellas amenazadas (NOM-059-SEMARNAT-2001). Sin embargo, la especie con mayor grado de riesgo que

¹Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. jmmavil@gmail.com y emiliosurez04@yahoo.com.mx.

ocurre en la zona es el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*).

La biodiversidad de esta región se enfrenta a varios factores adversos, como son la reducción y la transformación de su hábitat, debido principalmente al crecimiento urbano y a la extracción de recursos a través de la caza de iguanas y tortugas, principalmente. Sin embargo, uno de los grandes problemas que afronta la fauna de la región es la contaminación ambiental provocada por el vasto desarrollo industrial. Fertilizantes, hidrocarburos y plaguicidas son vertidos al agua y suelo, lo cual puede causar mortandad en organismos de diferentes especies animales. Esto ha provocado que el río Coatzacoalcos haya sido considerado como uno de los más contaminados del país (Vázquez-Botello y Paez, 1987). Se podría pensar que entre los grupos más vulnerables está el de los anfibios, ya que su piel desnuda y la capacidad de intercambio de gases a través de ésta podrían facilitar la absorción de los contaminantes. También las especies ovíparas se consideran frágiles, debido a que los hidrocarburos o los metales pesados pueden provocar, por ejemplo, adelgazamiento del cascarón de los huevos, y por ende existe la posibilidad de que pueda romperse con mayor facilidad, con lo cual se provocaría una disminución en el éxito de eclosión y

de la tasa reproductiva. Por lo tanto, se hace necesaria la realización de estudios en la región para poner a prueba estas hipótesis.

Por lo anterior, es necesario que la alta diversidad de vertebrados que existe en la región de Coatzacoalcos-Minatitlán sea estudiada con mayor profundidad, tratando de identificar los parámetros ecológicos y demográficos que se presentan en la actualidad, poniendo especial atención en las especies endémicas o con alguna categoría de riesgo, así como en organismos clave, que pueden ser indicadores del estado de conservación de los ambientes. La información aquí presentada es un primer esbozo de datos sintéticos y gráficos que puede servir de base para los estudios sugeridos.

REFERENCIAS

Coria-Castañeda, C. 2006. Avifauna del Pantano Santa Alejandrina, Minatitlán, Veracruz. Tesis. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.

González-Christen, A., S. Gaona y G. López. 2002. Registros adicionales de mamíferos para el Estado de Veracruz. *Vertebrata Mexicana* (11): 9-17.

Martínez-Gómez, J. E. 1996. La ornitofauna veracruzana: una revisión bibliográfica. *La Ciencia y el Hombre* 22: 19-47.

Mestizo Rivera, L. R. 2006. La herpetofauna del pantano Santa Alejandrina, Minatitlán, Veracruz. Tesis. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.

Morales-Mávil, J. E., E. A. Suárez-Domínguez, J. T. Villa-Cañedo, L. R., Mestizo-Rivera, E. R., Martínez-Barradas y C.R. Corona-López. 2005. Monitoreo y rescate de fauna del Pantano Santa Alejandrina, Minatitlán, Veracruz. *Informe Final*. Universidad Veracruzana y PEMEX-Refinación, 90 pp.

———, E. A. Suárez-Domínguez, H.H. Barradas-García, J. T. Villa-Cañedo, L. R. Mestizo-Rivera y E. R. Martínez-Barradas. 2006. Evaluación de la fauna asociada al manglar de Coatzacoalcos, Veracruz. *Informe Final*. Universidad Veracruzana y PEMEX Refinación. México.

———, E. A. Suárez-Domínguez, H. H. Barradas-García, J. E. Villa-Cañedo, L. R. Mestizo-Rivera, E. R. Martínez-Barradas y E. A. Bello-Sánchez. 2007. Rescate de flora y fauna durante la construcción del oleoducto de 30"Ø y gasoducto de 12"Ø x 12 km Los Cocodrilos-Refinería General Lázaro Cárdenas, en Minatitlán, Veracruz. *Informe Final*. Universidad Veracruzana y PEMEX-Refinación. México.

Pelcastre, V. L. y O. Flores-Villela. 1992. Lista de especies y localidades de recolecta de la herpetofauna de Veracruz, México. *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología*. UNAM. 4: 25-96.

Pérez-Higareda, G. y L. D. Navarro. 1980. The faunistic districts of the low plains of Veracruz, Mexico, based on reptilian and mammalian data. *Bulletin of the Maryland Herpetology Society*. 16: 54-69.

Reynoso-Rosales V., A. González-Hernández, F. H. Carmona-Torres y N. Urbina-Cardona. 2004. Diversidad de anfibios y reptiles en un remanente de selva alta perennifolia, ambiente fuertemente alterado en el municipio de Coatzacoalcos. Libro de resúmenes de la VIII reunión nacional de herpetología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

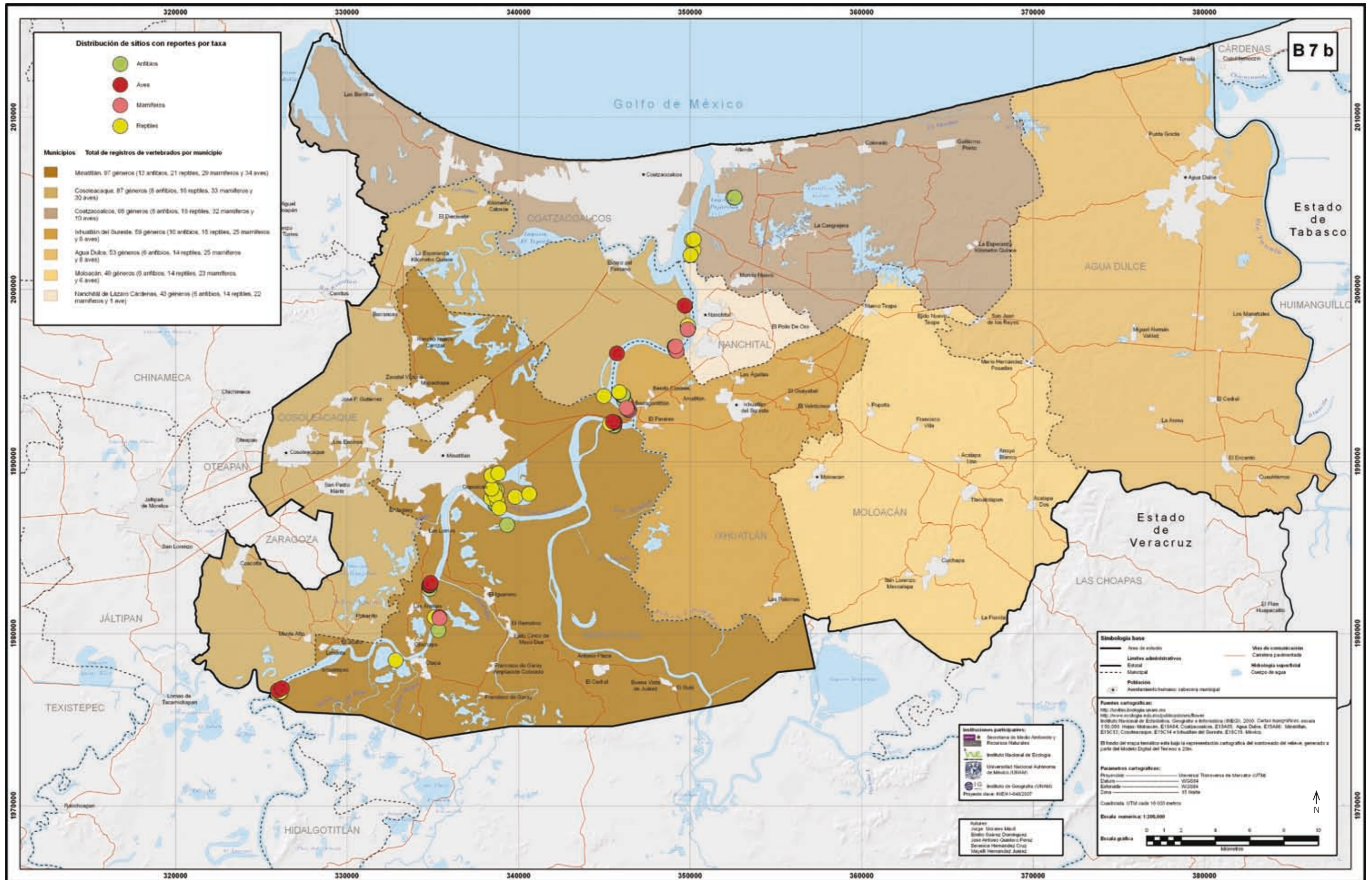
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2001. NOM-059-SEMARNAT-2001. *Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo*. México.

Vázquez-Botello, A. y F. Paez. 1987. *Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos. Volumen 1. El Problema Crucial: la contaminación*. Centro de Ecodesarrollo, México, 180 pp.

CUADRO B.7.B.1. REGISTROS DE GÉNEROS DE ANFIBIOS PARA LA CUENCA BAJA DE LOS RÍOS COATZACOALCOS Y TONALÁ. ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

| Taxa | Nombre común | Número de sitios con registro | Vegetación | NOM-059 |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|---------------------|
| Familia Caeciliidae | | | | |
| <i>Dermophis mexicanus</i> | Cecilia | 8 | Pastizal | Protección especial |
| Familia Plethodontidae | | | | |
| <i>Bolitoglossa rufescens</i> | Tlaconete | 1 | Achual | Protección especial |
| Familia Bufonidae | | | | |
| <i>Ollotis valliceps</i> | Sapo hojarasquero | 7 | Pastizal, achual, cultivo | |
| <i>Rhinella marina</i> | Sapo gigante | 32 | Achual, potrero, urbano, pastizal, cultivo | |
| Familia Hylidae | | | | |
| <i>Tlalocohyla picta</i> | Rana arbórea | 13 | Pastizal, achual | |
| <i>Tlalocohyla loquax</i> | Rana arbórea de patas doradas | 4 | Pastizal, achual, cultivo | |
| <i>Dendropsophus microcephalus</i> | Ranita arbórea | 8 | Pastizal, cultivo, achual | |

Registro de géneros de vertebrados por municipio



CUADRO B.7.B.1. CONTINÚA.

| Taxa | Nombre común | Número de sitios con registro | Vegetación | NOM-059 |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|---------------------|
| <i>Dendropsophus ebraccatus</i> | Rana arbórea de dorso blanca | 1 | Pastizal | |
| <i>Scinax staufferi</i> | Ranita de pantano | 10 | Potrero, pastizal, acahual, orilla de río | |
| <i>Trachycephalus venulosus</i> | Rana verrugosa | 21 | Cultivo, acahual, pastizal | |
| <i>Smilisca baudini</i> | Rana arbórea común | 23 | Pastizal, potrero, acahual, cultivo, orilla de río | |
| Familia Leptodactylidae | | | | |
| <i>Leptodactylus melanonotus</i> | Rana de dedos largos | 7 | Pastizal, cultivo, pantano, acahual | |
| <i>Leptodactylus fragilis</i> | Rana de labio blanco | 12 | Potrero, cultivo, pastizal | |
| Familia Microhylidae | | | | |
| <i>Gastrophryne usta</i> | Ranita | 3 | Acahual | |
| Familia Ranidae | | | | |
| <i>Lithobates vaillanti</i> | Rana moteada | 1 | Manglar | |
| <i>Lithobates berlandieri</i> | Rana leopardo | | | Protección especial |

ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

| Nanchital | Coatzacoalcos | Ixhuatlán del Sureste | Cosoleacaque | Minatitlán | Moloacán | Agua Dulce |
|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Bolitoglossa</i> | <i>Bolitoglossa</i> | <i>Bolitoglossa</i> | <i>Bolitoglossa</i> | <i>Bolitoglossa</i> | <i>Bolitoglossa</i> | <i>Bolitoglossa</i> |
| <i>Ollotis</i> | <i>Ollotis</i> | <i>Ollotis</i> | <i>Ollotis</i> | <i>Ollotis</i> | <i>Ollotis</i> | <i>Ollotis</i> |
| <i>Gastrophryne</i> | <i>Gastrophryne</i> | <i>Gastrophryne</i> | <i>Gastrophryne</i> | <i>Gastrophryne</i> | <i>Gastrophryne</i> | <i>Gastrophryne</i> |
| <i>Pseudoeurycea</i> | <i>Pseudoeurycea</i> | <i>Pseudoeurycea</i> | <i>Pseudoeurycea</i> | <i>Pseudoeurycea</i> | <i>Pseudoeurycea</i> | <i>Pseudoeurycea</i> |
| <i>Lithobates</i> | <i>Lithobates</i> | <i>Lithobates</i> | <i>Lithobates</i> | <i>Lithobates</i> | <i>Lithobates</i> | <i>Lithobates</i> |
| <i>Rhinophrynus</i> | <i>Rhinophrynus</i> | <i>Rhinophrynus</i> | <i>Rhinophrynus</i> | <i>Rhinophrynus</i> | <i>Rhinophrynus</i> | <i>Rhinophrynus</i> |
| <i>Rhinella</i> | <i>Rhinella</i> | <i>Rhinella</i> | <i>Rhinella</i> | <i>Rhinella</i> | <i>Rhinella</i> | <i>Rhinella</i> |

BASE DE DATOS DE LA CONABIO

| Genero | Fuente |
|----------------------|---|
| <i>Bolitoglossa</i> | http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/anfibios |
| <i>Bufo</i> | |
| <i>Gastrophryne</i> | |
| <i>Pseudoeurycea</i> | |
| <i>Rana</i> | |
| <i>Rhinophrynus</i> | |

CUADRO B.7.b.2. REGISTROS DE GÉNEROS DE REPTILES PARA LA CUENCA BAJA DE LOS RÍOS COATZACOALCOS Y TONALÁ.

ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

| Taxa | Nombre común | Número de sitios con registro | Vegetación | NOM-059 |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------------|--|----------------------|
| Familia Colubridae | | | | |
| <i>Lampropeltis triangulum</i> | Falso coralillo | 7 | Pastizal, acahual | Amenazada |
| <i>Coluber mentovarius</i> | Chirrionera | 4 | Pastizal, acahual | Amenazada |
| <i>Leptophis mexicanus</i> | Culebra ranera | | | Amenazada |
| Familia Staurotypidae | | | | |
| <i>Claudius angustatus</i> | Taimán | 1 | Pastizal | Peligro de extinción |
| Familia Chelydridae | | | | |
| <i>Chelydra serpentina</i> | Tortuga lagarto | 1 | Manglar | Protección especial |
| Familia Gekkonidae | | | | |
| <i>Hemidactylus mobouia</i> | Cuija | | | |
| Familia Phrynosomatidae | | | | |
| <i>Sceloporus teapensis</i> | Lagartija escamosa | 11 | Potrero, acahual, cultivo, pastizal | |
| Familia Teiidae | | | | |
| <i>Ameiva undulada</i> | Lagartija escamosa | 6 | Potrero, acahual | |
| Familia Polychrotidae | | | | |
| <i>Anolis sericeus</i> | Lagartija escamosa | 26 | Acahual, potrero, pastizal, cultivo | |
| <i>Anolis lemurinus</i> | Perrillo | 12 | Acahual, potrero y cultivo | |
| Familia Scincidae | | | | |
| <i>Scincella gemmingeri</i> | Cincela | 1 | Acahual | Protección especial |
| Familia Corytophanidae | | | | |
| <i>Basiliscus vittatus</i> | Teterete | 9 | Pastizal, acahual, manglar y orilla de río | |
| Familia Iguanidae | | | | |
| <i>Iguana iguana</i> | Iguana verde | 7 | Cultivo, manglar y acahual | Protección especial |
| <i>Ctenosaura acanthura</i> | Iguana negra | | | Protección especial |
| Familia Boidae | | | | |
| <i>Boa constrictor</i> | Mazacuate | 1 | Potrero | Amenazada |
| Familia Dipsadidae | | | | |
| <i>Coniophanes imperialis</i> | Culebra rayada | 1 | Cultivo | |
| <i>Coniophanes fissidens</i> | Culebra rayada | | | |
| Familia Natricidae | | | | |
| <i>Thamnophis proximus</i> | Culebra listonada | 1 | Pastizal | Amenazada |
| <i>Nerodia rhombifera</i> | Nauyaca de agua | | | |
| Familia Crotalidae | | | | |
| <i>Bothrops asper</i> | Nauyaca | 1 | Cultivo | |
| Familia Emydidae | | | | |
| <i>Trachemys venusta</i> | Tortuga jicotea | 1 | Acahual | Protección Especial |
| Familia Kinosternidae | | | | |
| <i>Kinosternon leucostomum</i> | Pochitoque | 4 | Acahual | Protección Especial |
| Familia Crocodylidae | | | | |
| <i>Crocodylus moreletii</i> | Cocodrilo de pantano | 1 | Pantano | Protección especial |

ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

| Nanchital | Coatzacoalcos | Ixhuatlán del sureste | Cosoleacaque | Minatitlán | Moloacán | Agua dulce |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Anolis</i> | <i>Anolis</i> | <i>Anolis</i> | <i>Anolis</i> | <i>Anolis</i> | <i>Anolis</i> | <i>Anolis</i> |
| <i>Boa</i> | <i>Boa</i> | <i>Boa</i> | <i>Boa</i> | <i>Boa</i> | <i>Boa</i> | <i>Boa</i> |
| <i>Claudius</i> | <i>Claudius</i> | <i>Claudius</i> | <i>Claudius</i> | <i>Claudius</i> | <i>Claudius</i> | <i>Claudius</i> |
| <i>Corytophanes</i> | <i>Corytophanes</i> | <i>Corytophanes</i> | <i>Corytophanes</i> | <i>Corytophanes</i> | <i>Corytophanes</i> | <i>Corytophanes</i> |
| <i>Crotalus</i> | <i>Crotalus</i> | <i>Crotalus</i> | <i>Crotalus</i> | <i>Crotalus</i> | <i>Crotalus</i> | <i>Crotalus</i> |
| <i>Ctenosaura</i> | <i>Ctenosaura</i> | <i>Ctenosaura</i> | <i>Ctenosaura</i> | <i>Ctenosaura</i> | <i>Ctenosaura</i> | <i>Ctenosaura</i> |
| <i>Iguana</i> | <i>Iguana</i> | <i>Iguana</i> | <i>Iguana</i> | <i>Iguana</i> | <i>Iguana</i> | <i>Iguana</i> |
| <i>Imantodes</i> | <i>Imantodes</i> | <i>Imantodes</i> | <i>Imantodes</i> | <i>Imantodes</i> | <i>Imantodes</i> | <i>Imantodes</i> |
| <i>Kinosternon</i> | <i>Kinosternon</i> | <i>Kinosternon</i> | <i>Kinosternon</i> | <i>Kinosternon</i> | <i>Kinosternon</i> | <i>Kinosternon</i> |
| <i>Laemanctus</i> | <i>Laemanctus</i> | <i>Laemanctus</i> | <i>Laemanctus</i> | <i>Laemanctus</i> | <i>Laemanctus</i> | <i>Laemanctus</i> |
| <i>Lampropeltis</i> | <i>Lampropeltis</i> | <i>Lampropeltis</i> | <i>Lampropeltis</i> | <i>Lampropeltis</i> | <i>Lampropeltis</i> | <i>Lampropeltis</i> |
| <i>Leptophis</i> | <i>Leptophis</i> | <i>Leptophis</i> | <i>Leptodeira</i> | <i>Leptophis</i> | <i>Leptophis</i> | <i>Leptophis</i> |
| <i>Sphaerodactylus</i> | <i>Sphaerodactylus</i> | <i>Sphaerodactylus</i> | <i>Leptophis</i> | <i>Sphaerodactylus</i> | <i>Sphaerodactylus</i> | <i>Sphaerodactylus</i> |
| <i>Staurotypus</i> | <i>Staurotypus</i> | <i>Staurotypus</i> | <i>Sphaerodactylus</i> | <i>Staurotypus</i> | <i>Staurotypus</i> | <i>Staurotypus</i> |

BASE DE DATOS DE LA CONABIO

| Genero/especie | Fuente |
|-------------------------------------|---|
| <i>Anolis barkeri</i> | http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/reptiles |
| <i>Anolis biporcatus biporcatus</i> | |
| <i>Anolis penta prion</i> | |
| <i>Boa constrictor</i> | |
| <i>Claudius angustatus</i> | |
| <i>Corytophanes cristatus</i> | |
| <i>Corytophanes hernandesi</i> | |
| <i>Crotalus dirussus</i> | |
| <i>Ctenosaura acanthura</i> | |
| <i>Ctenosaura pectinata</i> | |
| <i>Iguana iguana</i> | |
| <i>Imantodes cenchoa</i> | |
| <i>Kinosternon acutum</i> | |
| <i>Kinosternon leucostomum</i> | |
| <i>Laemanctus longipes</i> | |
| <i>Laemanctus serratus</i> | |
| <i>Lampropeltis triangulum</i> | |
| <i>Leptodeira annulata</i> | |
| <i>Leptophis ahaetulla</i> | |
| <i>Leptophis mexicanus</i> | |
| <i>Sphaerodactylus glaucus</i> | |
| <i>Staurotypus triporcatus</i> | |

CUADRO B.7.b.3. REGISTROS DE GÉNEROS DE MAMÍFEROS PARA LA CUENCA BAJA DE LOS RÍOS COATZACOALCOS Y TONALÁ.

ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

| Taxa | Nombre común | Numero de sitios con registro | Vegetación | NOM-059 |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------|
| DIDELPHIMORPHIA | | | | |
| Didelphidae | | | | |
| <i>Philander opossum</i> | Tlacuache cuatro ojos | 8 | Achual, pastizal | |
| <i>Didelphis marsupialis</i> | Tlacuache | 1 | Achual | |
| XENARTHRA | | | | |
| Dasypodidae | | | | |
| <i>Dasyus novemcinctus</i> | Armadillo | 1 | Achual | |
| LAGOMORPHA | | | | |
| Leporidae | | | | |
| <i>Silvilagus floridanus</i> | Conejo | | | |
| RODENTIA | | | | |
| Sciuridae | | | | |
| <i>Sciurus aureogaster</i> | Ardilla gris | | | |
| Muridae | | | | |
| <i>Sigmodon hispidus</i> | Rata algodónera | 17 | Achual, pastizal, potrero, cultivo, subacuática | |
| Eretizonthidae | | | | |
| <i>Sphiggurus mexicanus</i> | Puercoespín | | | Amenazada |
| CARNIVORA | | | | |
| Canidae | | | | |
| <i>Canis latrans</i> | Coyote | | | |
| Mustelidae | | | | |
| <i>Lontra longicaudis</i> | Nutria de río, perro de agua | | | Amenazada |
| Procyonidae | | | | |
| <i>Bassariscus sumichrasti</i> | Cacomixtle tropical | | | Protección Especial |
| <i>Nasua narica</i> | Coatí, tejón | | | |
| <i>Procyon lotor</i> | Mapache | | | |
| CHIROPTERA | | | | |
| Mormoopidae | | | | |
| <i>Pteronotus parnellii</i> | Murciélago | 5 | Pastizal | |
| <i>Pteronotus sp.</i> | Murciélago | 1 | Achual | |
| Phillostomidae | | | | |
| <i>Glossophaga soricina</i> | Murciélago lengüeton | 2 | Achual, riparia | |
| <i>Sturnira liliium</i> | Murciélago | 4 | Pastizal, achual y riparia | |
| <i>Sturnira sp.</i> | Murciélago | 1 | Achual | |
| <i>Artibeus sp.</i> | Murciélago | 1 | Achual | |
| <i>Dermanura phaeotis</i> | Murciélago | 1 | Achual | |
| PRIMATES | | | | |
| Cebidae | | | | |
| <i>Allouata palliata</i> | Mono aullador | | | En Peligro de Extinción |
| ARTIODACTYLA | | | | |

CUADRO B.7.b.3. CONTINÚA

| Taxa | Nombre común | Numero de sitios con registro | Vegetación | NOM-059 |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------|---------|
| Cervidae | | | | |
| <i>Odocoileus virginianus</i> | Venado cola blanca | | | |

ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

| Nanchital | Moloacán | Ixhuatlán del Sureste | Agua Dulce | Coatzacoalcos | Cosoleacaque | Minatitlán |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Alouatta</i> | <i>Alouatta</i> | <i>Alouatta</i> | <i>Alouatta</i> | <i>Alouatta</i> | <i>Alouatta</i> | <i>Alouatta</i> |
| <i>Artibeus</i> | <i>Artibeus</i> | <i>Artibeus</i> | <i>Artibeus</i> | <i>Artibeus</i> | <i>Artibeus</i> | <i>Artibeus</i> |
| <i>Ateles</i> | <i>Ateles</i> | <i>Ateles</i> | <i>Ateles</i> | <i>Ateles</i> | <i>Ateles</i> | <i>Ateles</i> |
| <i>Bassariscus</i> | <i>Bassariscus</i> | <i>Bassariscus</i> | <i>Bassariscus</i> | <i>Bassariscus</i> | <i>Bassariscus</i> | <i>Bassariscus</i> |
| <i>Caluromys</i> | <i>Caluromys</i> | <i>Caluromys</i> | <i>Caluromys</i> | <i>Caluromys</i> | <i>Caluromys</i> | <i>Caluromys</i> |
| <i>Chrotopterus</i> | <i>Chrotopterus</i> | <i>Chrotopterus</i> | <i>Chrotopterus</i> | <i>Carollia</i> | <i>Carollia</i> | <i>Carollia</i> |
| <i>Conepatus</i> | <i>Conepatus</i> | <i>Conepatus</i> | <i>Conepatus</i> | <i>Chrotopterus</i> | <i>Chrotopterus</i> | <i>Chrotopterus</i> |
| <i>Cyclopes</i> | <i>Cyclopes</i> | <i>Cyclopes</i> | <i>Cyclopes</i> | <i>Conepatus</i> | <i>Conepatus</i> | <i>Conepatus</i> |
| <i>Eira</i> | <i>Eira</i> | <i>Eira</i> | <i>Dasypus</i> | <i>Cyclopes</i> | <i>Cyclopes</i> | <i>Cyclopes</i> |
| <i>Enchisthenes</i> | <i>Enchisthenes</i> | <i>Enchisthenes</i> | <i>Eira</i> | <i>Eira</i> | <i>Dermanura</i> | <i>Dermanura</i> |
| <i>Eumops</i> | <i>Eumops</i> | <i>Eumops</i> | <i>Enchisthenes</i> | <i>Enchisthenes</i> | <i>Eira</i> | <i>Eira</i> |
| <i>Herpailurus</i> | <i>Herpailurus</i> | <i>Herpailurus</i> | <i>Eumops</i> | <i>Eumops</i> | <i>Enchisthenes</i> | <i>Enchisthenes</i> |
| <i>Leopardus</i> | <i>Leopardus</i> | <i>Leopardus</i> | <i>Herpailurus</i> | <i>Herpailurus</i> | <i>Eumops</i> | <i>Eumops</i> |
| <i>Lonchorhina</i> | <i>Lonchorhina</i> | <i>Lonchorhina</i> | <i>Leopardus</i> | <i>Leopardus</i> | <i>Herpailurus</i> | <i>Herpailurus</i> |
| <i>Micronycteris</i> | <i>Micronycteris</i> | <i>Micronycteris</i> | <i>Lonchorhina</i> | <i>Lonchorhina</i> | <i>Leopardus</i> | <i>Leopardus</i> |
| <i>Myotis</i> | <i>Myotis</i> | <i>Myotis</i> | <i>Micronycteris</i> | <i>Micronycteris</i> | <i>Lonchorhina</i> | <i>Lonchorhina</i> |
| <i>Pteronotus</i> | <i>Peropteryx</i> | <i>Peropteryx</i> | <i>Myotis</i> | <i>Myotis</i> | <i>Micronycteris</i> | <i>Micronycteris</i> |
| <i>Rhynchonycteris</i> | <i>Pteronotus</i> | <i>Pteronotus</i> | <i>Orthogeomys</i> | <i>Nasua</i> | <i>Myotis</i> | <i>Myotis</i> |
| <i>Tamandua</i> | <i>Rhynchonycteris</i> | <i>Rhynchonycteris</i> | <i>Peropteryx</i> | <i>Orthogeomys</i> | <i>Orthogeomys</i> | <i>Peropteryx</i> |
| <i>Tapirus</i> | <i>Tamandua</i> | <i>Tamandua</i> | <i>Pteronotus</i> | <i>Peromyscus</i> | <i>Peromyscus</i> | <i>Pteronotus</i> |
| <i>Tonatia</i> | <i>Tapirus</i> | <i>Tapirus</i> | <i>Rhynchonycteris</i> | <i>Philander</i> | <i>Peropteryx</i> | <i>Pteronotus</i> |
| <i>Vampyrum</i> | <i>Tonatia</i> | <i>Tonatia</i> | <i>Tamandua</i> | <i>Procyon</i> | <i>Pteronotus</i> | <i>Rhynchonycteris</i> |
| | <i>Vampyrum</i> | <i>Vampyrum</i> | <i>Tapirus</i> | <i>Pteronotus</i> | <i>Reithrodontomys</i> | <i>Tamandua</i> |
| | | | <i>Tonatia</i> | <i>Reithrodontomys</i> | <i>Sigmodon</i> | <i>Tapirus</i> |
| | | | <i>Vampyrum</i> | <i>Rhynchonycteris</i> | <i>Sturnira</i> | <i>Tonatia</i> |
| | | | | <i>Sigmodon</i> | <i>Tamandua</i> | <i>Tylomys</i> |
| | | | | <i>Sturnira</i> | <i>Tapirus</i> | <i>Vampyressa</i> |
| | | | | <i>Tamandua</i> | <i>Tonatia</i> | <i>Vampyrum</i> |
| | | | | <i>Tapirus</i> | <i>Tylomys</i> | |
| | | | | <i>Tonatia</i> | <i>Vampyressa</i> | |
| | | | | <i>Vampyressa</i> | <i>Vampyrum</i> | |
| | | | | <i>Vampyrum</i> | | |

ESTUDIOS DE OTRAS INSTITUCIONES

| Genero | Fuente |
|------------------------|---|
| <i>Alouatta</i> | http://unibio.ibiologia.unam.mx |
| <i>Artibeus</i> | |
| <i>Ateles</i> | http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/mamiferos |
| <i>Bassariscus</i> | |
| <i>Caluromys</i> | |
| <i>Carollia</i> | http://unibio.ibiologia.unam.mx |
| <i>Chrotopterus</i> | http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/mamiferos |
| <i>Conepatus</i> | |
| <i>Cyclopes</i> | |
| <i>Dermanura</i> | http://unibio.ibiologia.unam.mx |
| <i>Eira</i> | http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/mamiferos |
| <i>Enchisthenes</i> | |
| <i>Eumops</i> | |
| <i>Herpailurus</i> | |
| <i>Leopardus</i> | |
| <i>Lonchorhina</i> | |
| <i>Micronycteris</i> | |
| <i>Myotis</i> | |
| <i>Orthogeomys</i> | http://unibio.ibiologia.unam.mx |
| <i>Peromyscus</i> | |
| <i>Peropteryx</i> | http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/mamiferos |
| <i>Pteronotus</i> | |
| <i>Reithrodontomys</i> | http://unibio.ibiologia.unam.mx |
| <i>Rhynchonycteris</i> | http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/mamiferos |
| <i>Sigmodon</i> | http://unibio.ibiologia.unam.mx |
| <i>Sturnira</i> | |
| <i>Tamandua</i> | http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/mamiferos |
| <i>Tapirus</i> | |
| <i>Tonatia</i> | |
| <i>Tylomys</i> | http://unibio.ibiologia.unam.mx |
| <i>Vampyressa</i> | |
| <i>Vampyrum</i> | http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/mamiferos |

CUADRO B.7.b.4. REGISTROS DE GÉNEROS DE AVES PARA LA CUENCA BAJA DE LOS RÍOS COATZACOALCOS Y TONALÁ.

ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

| Aves | Nombre común | Número de registros | Vegetación |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|
| <i>Amazilia yucatanensis</i> | Amazilia del Golfo | 3 | Acahual |
| <i>Amazilia zacatl</i> | Amazilia tzacatl | 3 | Acahual |
| <i>Chloroceryle aenea</i> | Martín pescador enano | 2 | Riparia |
| <i>Chlorostilbon canivetti</i> | Esmeralda de Canivet | 1 | Acahual |
| <i>Columbina inca</i> | Tórtola colilarga | 2 | Cultivo, acahual |
| <i>Columbina passerina</i> | Tórtola común | 4 | Acahual, cultivo |
| <i>Columbina talpacoti</i> | Tórtola rojiza | 3 | Acahual |
| <i>Crotophaga sulcirostris</i> | Garrapatero pijuy | 1 | Acahual |
| <i>Empidonax flaviventris</i> | Mosquero vientre amarillo | 2 | Acahual |
| <i>Euphonia hirundinacea</i> | Eufonia gorjiamarillo | 1 | Acahual |
| <i>Geothlypis poliocephala</i> | Mascarita piquigruesa | 1 | Pastizal |
| <i>Icterus gularis</i> | Bolsero de altamira | 4 | Acahual |
| <i>Leptotila verreauxi</i> | Paloma arroyera | 1 | |
| <i>Melanerpes aurifrons</i> | Carpintero pechileonado | 1 | Acahual |
| <i>Myiarchus crinitus</i> | Copetón viajero | 1 | Acahual |
| <i>Myozetetes similis</i> | Luis gregario | 1 | Acahual |
| <i>Oryzoborus funereus</i> | Semillero piquigrueso | 1 | Pastizal |
| <i>Pyrocephalus rubinus</i> | Mosquero cardenal | 1 | |
| <i>Saltator coerulescens</i> | Saltador grisáceo | 4 | Acahual |
| <i>Saltator maximus</i> | Saltador gorjileonado | 1 | Acahual |
| <i>Sinalaxis erythrothorax</i> | Guitio pechirrufo | 14 | |
| <i>Sporophila aurita</i> | Semillero variable | 5 | Pastizal, acahual |
| <i>Sporophila torqueola</i> | Semillero collarejo | 6 | Pastizal |
| <i>Thraupis episcopus</i> | Tángara azuligris | 1 | Acahual |
| <i>Todirostrum cinereum</i> | Espatulilla común | 9 | Acahual |
| <i>Tolmomyias sulphurescens</i> | Picoplano ojiblanco | 1 | Acahual |
| <i>Turdus grayi</i> | Zorzal pardo | 4 | Cultivo, acahual |
| <i>Uropsila leucogastra</i> | Saltapared vientre-blanco | 1 | Acahual |
| <i>Volatinia jacarina</i> | Semillero brincador | 2 | Cultivo |

ESTUDIOS DE LA UNIVERSIDAD VERZCRUZANA

| Nanchital | Coatzacoalcos | Ixhuatlán del sureste | Moloacán | Cosoleacaque | Minatitlán | Agua Dulce |
|--------------------|------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| <i>Megarynchus</i> | <i>Agelaius</i> | <i>Caryothraustes</i> | <i>Busarellus</i> | <i>Amazilia</i> | <i>Arremon</i> | <i>Busarellus</i> |
| | <i>Amazilia</i> | <i>Icterus</i> | <i>Leptodon</i> | <i>Arremon</i> | <i>Automolus</i> | <i>Dendroica</i> |
| | <i>Dendroica</i> | <i>Lepidocolaptes</i> | <i>Leptopogon</i> | <i>Automolus</i> | <i>Caryothraustes</i> | <i>Icterus</i> |
| | <i>Icterus</i> | <i>Megarynchus</i> | <i>Megarynchus</i> | <i>Caryothraustes</i> | <i>Centurio</i> | <i>Jacana</i> |
| | <i>Jacana</i> | <i>Phaethornis</i> | <i>Melanerpes</i> | <i>Centurio</i> | <i>Cyanocompsa</i> | <i>Larus</i> |
| | <i>Larus</i> | <i>Sittasomus</i> | <i>Sittasomus</i> | <i>Cyanocompsa</i> | <i>Dumetella</i> | <i>Leptodon</i> |

| Nanchital | Coatzacoalcos | Ixhuatlán del sureste | Moloacán | Cosoleacaque | Minatitlán | Agua Dulce |
|-----------|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| | <i>Lepidocolaptes</i> | <i>Uropsila</i> | | <i>Dumetella</i> | <i>Galbula</i> | <i>Leptopogon</i> |
| | <i>Megarynchus</i> | | | <i>Galbula</i> | <i>Icterus</i> | <i>Tityra</i> |
| | <i>Tityra</i> | | | <i>Icterus</i> | <i>Lepidocolaptes</i> | |
| | <i>Tyto</i> | | | <i>Lepidocolaptes</i> | <i>Leptotila</i> | |
| | | | | <i>Leptotila</i> | <i>Megarynchus</i> | |
| | | | | <i>Megarynchus</i> | <i>Molothrus</i> | |
| | | | | <i>Molothrus</i> | <i>Momotus</i> | |
| | | | | <i>Momotus</i> | <i>Phaethornis</i> | |
| | | | | <i>Phaethornis</i> | <i>Ramphastos</i> | |
| | | | | <i>Ramphastos</i> | <i>Rhynchocyclus</i> | |
| | | | | <i>Rhynchocyclus</i> | <i>Sittasomus</i> | |
| | | | | <i>Sittasomus</i> | <i>Tolmomyias</i> | |
| | | | | <i>Tolmomyias</i> | <i>Turdus</i> | |
| | | | | <i>Turdus</i> | <i>Uropsila</i> | |
| | | | | <i>Uropsila</i> | <i>Vampyrodes</i> | |
| | | | | <i>Vampyrodes</i> | <i>Xiphorhynchus</i> | |
| | | | | <i>Xiphorhynchus</i> | | |

BASE DE DATOS DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

| Genero | Fuente |
|-----------------------|---|
| <i>Agelaius</i> | http://unibio.ibiologia.unam.mx |
| <i>Amazilia</i> | |
| <i>Arremon</i> | |
| <i>Automolus</i> | |
| <i>Caryothraustes</i> | |
| <i>Centurio</i> | |
| <i>Cyanocompsa</i> | |
| <i>Dendroica</i> | |
| <i>Dumetella</i> | |
| <i>Galbula</i> | |
| <i>Icterus</i> | |
| <i>Jacana</i> | |
| <i>Larus</i> | |
| <i>Lepidocolaptes</i> | |
| <i>Leptotila</i> | |
| <i>Megarynchus</i> | |
| <i>Molothrus</i> | |
| <i>Momotus</i> | |
| <i>Phaethornis</i> | |
| <i>Ramphastos</i> | |

BASE DE DATOS DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM, CONTINÚA

| Genero | Fuente |
|----------------------|--------|
| <i>Rhynchocyclus</i> | |
| <i>Sittasomus</i> | |
| <i>Tyto</i> | |
| <i>Tityra</i> | |
| <i>Tolmomyias</i> | |
| <i>Turdus</i> | |
| <i>Uropsila</i> | |
| <i>Vampyrodes</i> | |
| <i>Xiphorhynchus</i> | |



Iguana verde (*Iguana iguana*), especie sujeta a protección especial. Foto: Jorge E. Morales Mávil.



Macho de iguana negra (*Ctenosaura acanthura*), especie sujeta a protección especial y endémica de México. Foto: Emilio A. Suárez Domínguez.



Hembra de iguana negra (*Ctenosaura acanthura*), especie sujeta a protección especial y endémica de México. Foto: Emilio A. Suárez Domínguez.



Rana (*Lithobates berlandieri*), especie sujeta a protección especial. Foto: Jorge E. Morales Mávil.



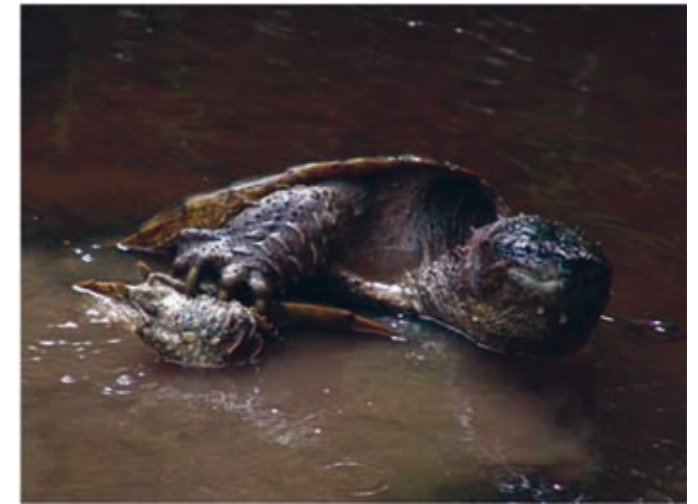
Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), en peligro de extinción. Foto: Jorge E. Morales Mávil.



Puerco espín (*Sphiggurus mexicanus*), amenazado. Foto: Emilio A. Suárez Domínguez.



Pochitoque (*Kinosternon leucostomum*), especie sujeta a protección especial. Foto: Emilio A. Suárez Domínguez.



Tortuga lagarto (*Chelydra serpentina*), especie sujeta a protección especial. Foto: Jorge E. Morales Mávil.



Halcón aplomado (*Falco femoralis*), amenazado. Foto: Efraín R. Martínez Barradas.



Aguiluilla negra menor (*Buteogallus anthracinus*), especie sujeta a protección especial. Foto: Efraín R. Martínez Barradas.



Cecilia (*Dermophis mexicanus*), especie sujeta a protección especial. Foto: Jorge E. Morales Mávil.

B.8. GEOSISTEMAS

**Oralia Oropeza Orozco¹,
Norma Martínez Laguna² y
Mayelli Hernández Juárez³**

La industria petrolera en la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá cuenta con una amplia red de infraestructura para la distribución y conducción de los productos petroleros. Esta red atraviesa importantes zonas urbanas, industriales, agropecuarias y naturales, y representa para ellas una amenaza ante la ocurrencia de un derrame de hidrocarburos que afecte al ambiente, a la salud humana y a las actividades económicas.

Por lo anterior, es necesario identificar y delimitar unidades espacio-temporales que sean reflejo de las condiciones naturales y de las diversas actividades productivas, para determinar el grado de sensibilidad que presentan ante los derrames de petróleo.

En el presente mapa se diferenciaron unidades territoriales denominadas geosistemas, cada una de las cuales constituye un sistema de relaciones geográficas entre sus elementos naturales y sociales (economía y población), que son interdependientes y se caracterizan

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. orooro@igg.unam.mx.

²Departamento de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

³Laboratorio de Análisis Geoespacial, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

por tener una estructura y una dinámica particular. Son unidades tipológicas (repetitivas) que siguen un orden jerárquico determinado por los insumos de energía artificial y natural que necesitan para su funcionamiento. De acuerdo con la escala de trabajo (1:50 000), se constituyeron estos geosistemas a partir de polígonos, puntos y líneas.

La determinación de los geosistemas se llevó a cabo mediante la interpretación visual de la imagen satelital SPOT multispectral de 20 m de resolución espacial (SPOT, 2005a), la cual se fusionó con una imagen SPOT pancromática (SPOT, 2005b) para llevarla a una de resolución espacial de 10 m. Dicha interpretación se apoyó además en las cartas (1:250 000) del Inventario Forestal Nacional 2000 (SEMARNAP-IG, 2001); en cartografía impresa o digital de la SPP (1983 y 1984), del INEGI (cartas topográficas, 1:50 000; cartas geológicas, edafológicas y de vegetación y uso del suelo, 1:250 000) y de la elaborada para este proyecto (mapas de pendiente del terreno, B.1, y de regionalización geomorfológica, B.3); así como del aporte de documentos bibliográficos, hemerográficos y trabajo de campo. Todo esto se integró y analizó espacialmente a partir de un sistema de información geográfica.

Los geosistemas se clasificaron de la siguiente manera:

- Primer orden: grado de modificación en la fisonomía (antropogénicos, naturales y semitransformados).
- Segundo orden: influencia más importante según los procesos productivos y de funcionamiento (tecnógenos y agrarios), y por su ubicación, estructura y funcionamiento (terrestres, transicionales y marinos).
- Tercer orden: se distinguen por la modalidad que precisa la influencia principal (por ejemplo tecnógenos-industriales, agrarios-cultivos de humedad y de temporal; terrestres-bioclimáticos-hidrodinámicos; transicionales-planicies acumulativas).

- Cuarto orden: subtipos de la influencia principal (derivados del tercer orden) (por ejemplo petroleros, mineros, selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria).

Se caracterizaron 22 subtipos de geosistemas que corresponden al cuarto orden. Los geosistemas de primer orden, referente a los antropogénicos o transformados, se dividen en dos grupos. El primero concierne a los geosistemas tecnógenos (segundo orden), que incluyen a los geosistemas industriales (tercer orden), los cuales se subdividen a su vez en petroleros (1), mineros (2), portuarios (3) y agropecuarios (4) (cuarto orden); a los geosistemas tecnógeno-urbanos, urbano-rurales, rural-urbanos y rurales (tercer orden) diferenciados por sectores de productividad en el cuarto orden (primario (5), secundario (6) y terciario (7)); y a los geosistemas hidráulicos, al que corresponde los embalses (8) en el cuarto orden.

En el segundo grupo de los antropogénicos se encuentran los geosistemas agrarios (segundo orden), divididos en agricultura de humedad (que incluye a los cultivos anuales (9) en el cuarto orden) y en agricultura de temporal (tercer orden), la cual se subdivide en el cuarto orden en cultivos anuales (10), cultivos semipermanentes y permanentes (11), cultivos permanentes (12) y pastizales cultivados e inducidos (13).

GEOSISTEMAS TECNÓGENO INDUSTRIALES

Como se acaba de mencionar, en este grupo se encuentran los geosistemas petroleros, mineros, portuarios y agropecuarios (industrias de alimentos balanceados y granjas avícolas), los que necesitan grandes insumos de energía artificial para su funcionamiento, que básicamente depende de los hidrocarburos. A continuación se explica cada uno de éstos.

1. Geosistemas petroleros

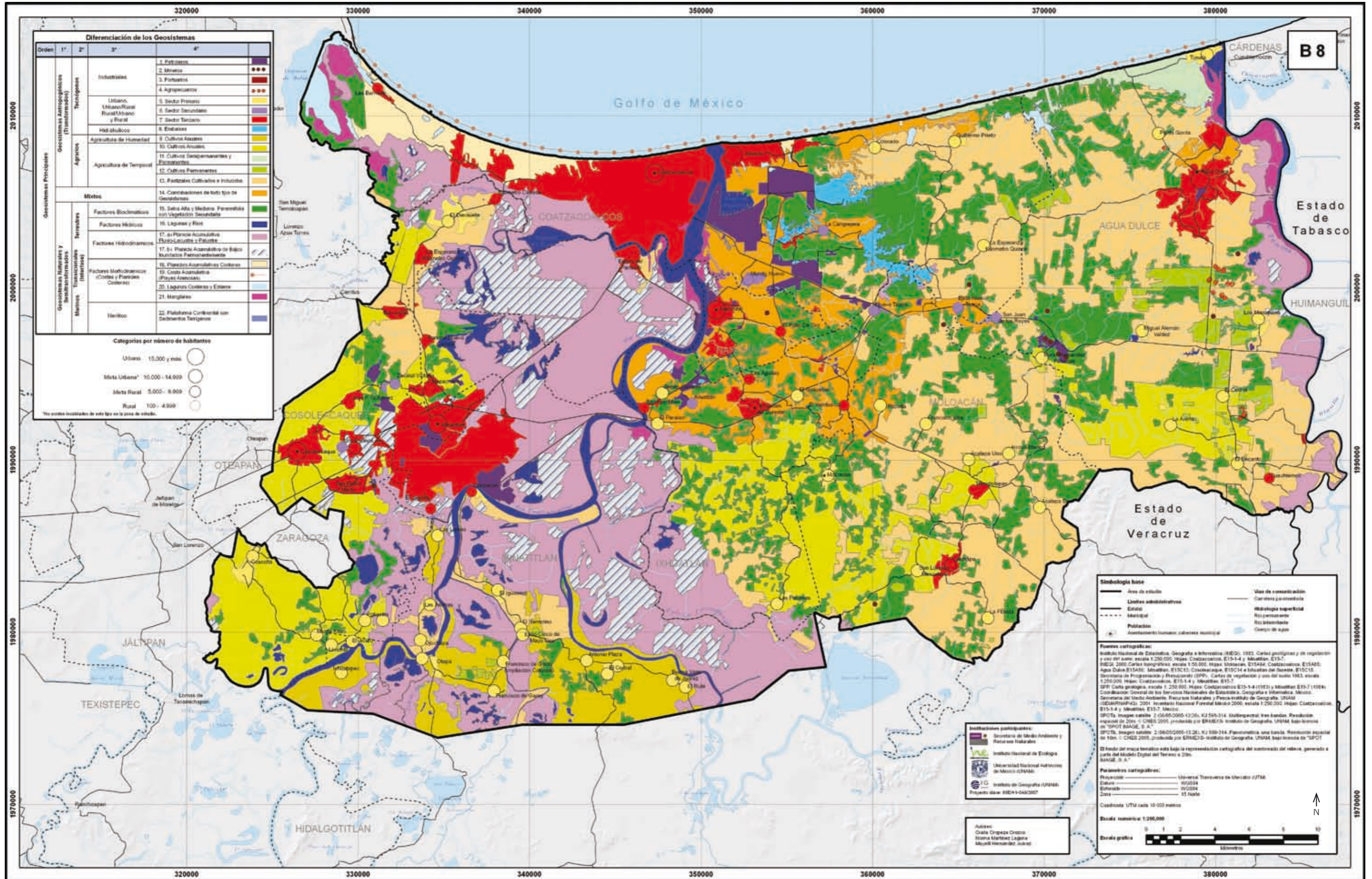
La mayoría de ellos se localizan al este del río Coatzacoalcos. Están conformados por la infraestructura destinada a la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte del petróleo y derivados, tales como los campos de pozos petroleros, áreas de distribución, redes de ductos y los complejos petroquímicos de Cosoleacaque, La Cangrejera, Pajaritos y Morelos, importantes a nivel nacional e internacional por el volumen y variedad de productos que generan diariamente (Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, 2005). Además, se incluyen otras empresas del sector privado que de alguna manera están asociadas a PEMEX y se encuentran en la zona industrial. Las principales instalaciones industriales ocupan una superficie de 26.61 km², equivalentes al 1.5% del total del área de estudio.

Los complejos petroquímicos están conectados a los geosistemas portuarios a través de una red de ductos. La población de escasos recursos invade los derechos de vía de éstos para construir sus viviendas, lo cual la convierte en altamente vulnerable a fugas, explosiones, incendios y derrames.

2. Geosistemas mineros

Están representados por las canteras, salinas y sistemas extractivos de minerales no metálicos, como el cuarzo, las gravas silíceas, el azufre, los nitratos, las sales de potasio y la sal común (cloruros y bicarbonatos de sodio) (Sánchez *et al.*, 2003). Por la escala de representación cartográfica, estos geosistemas aparecen como puntos por lo que no se consideró la superficie que ocupan en la zona de estudio. Se localizan en asentamientos rurales que carecen de servicios básicos de los municipios de Nanchital y Agua Dulce, donde predominan índices de marginación bajos, en virtud de las bajas remuneraciones obtenidas en este tipo de actividad.

Geosistemas



3. Geosistemas portuarios

A este rubro pertenece el puerto de Coatzacoalcos, que en realidad es un complejo portuario, el más importante y dinámico del país; está conformado por las instalaciones, también portuarias, de Coatzacoalcos, Pajaritos, Nanchital y Minatitlán, que se localizan desde aproximadamente los 4.5 km hasta los 36 km aguas arriba de la desembocadura del río Coatzacoalcos. Los principales productos que mueven son el petróleo y sus derivados, azufre, productos químicos y agrícolas (INE-IMP, 1997). Debido a las actividades industriales que se realizan en las instalaciones portuarias se presentan problemas de contaminación de aire, suelo y agua. En el área de estudio, los complejos portuarios se distribuyen en una superficie muy pequeña de 0.18 km², correspondiente a 0.01 % del total.

4. Geosistemas agropecuarios

Se refieren a las industrias que se han instalado en el municipio de Agua Dulce y se dedican a la producción de alimentos balanceados destinados al consumo animal. Estas industrias se han asentado en esta zona debido a la vocación agrícola y a que gran parte de la población económicamente activa (PEA) se ocupa en el sector primario. En este grupo también se incluyen las granjas avícolas que se distribuyen en dicho municipio. Al igual que los geosistemas mineros, dada la escala de representación cartográfica, los geosistemas agropecuarios aparecen de manera puntual por ello no se consideró el área que ocupan en el contexto global.

GEOSISTEMAS TECNÓGENO URBANOS, URBANO-RURALES, RURAL-URBANOS Y RURALES

El segundo grupo de los geosistemas tecnógenos de primer orden (antropogénicos) considera a los geosistemas urbanos, urbano-rurales, rural-urbanos y rurales diferenciados por el tamaño de su población (tercer orden).

Por su tamaño, en la zona de estudio existen 6 ciudades clasificadas como geosistemas urbanos (con población mayor a 15 000 habitantes), que corresponden a Coatzacoalcos, Minatitlán, Cosoleacaque, Allende, Nanchital y Agua Dulce. No hay geosistemas urbano-rurales; es decir, localidades de 10 000 a 14 999 habitantes. De los geosistemas rural-urbanos sólo hay cuatro localidades (de 5000 a 9999 habitantes) que son Coacotla, El Naranjito, Ixhuatlán del Sureste y Cuichapa; y los rurales incluyen a 69 localidades (de 100 a 4999 habitantes).

En los geosistemas urbanos ocurren las mayores transformaciones; han perdido su carácter natural al aumentar sus necesidades de insumos artificiales, como el petróleo y sus derivados, para generar sus principales procesos productivos. En ellos, la expansión territorial se está dando aceleradamente, en detrimento de los geosistemas naturales como la planicie acumulativa costera con cordones de dunas y la planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre. En los geosistemas urbanos se concentran los problemas ambientales relacionados con la contaminación de aire (y auditiva), agua y suelo, particularmente en Coatzacoalcos, Minatitlán y Nanchital. Mientras que en los geosistemas rural-urbanos y rurales predomina la contaminación del agua y del suelo.

Estos geosistemas, a su vez, se clasifican por su función principal en un cuarto orden, el cual se estableció por la predominancia de la actividad económica por sector con el mayor porcentaje de población ocupada (INEGI, 2001).

5. Sector primario

Cincuenta y cuatro localidades rurales llevan a cabo actividades primarias (agricultura y ganadería, pesca y forestales), las cuales abarcan una superficie estimada en 17.10 km² (0.96 % del total). Entre las localidades más importantes por el tamaño de su población que se dedica al sector primario se pueden mencionar a Coacotla, Tonalá y Moloacán.

6. Sector secundario

En ocho localidades se realizan actividades secundarias, como son la industria extractiva (petróleo y gas), de la construcción y de la transformación. El área que cubren es de 2.06 km² (0.12% del total). Las principales poblaciones dedicadas a este sector son Mundo Nuevo, Nuevo Teapa y Ejido Nuevo Teapa.

7. Sector terciario

De acuerdo a la función principal, 26 localidades desarrollan actividades terciarias, entre las que destacan el comercio, los servicios, el transporte y la administración pública (Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, 2005). Ocupan una superficie aproximada de 114.75 km² que corresponde al 6.46% del área total de estudio. Ixhuatlán del Sureste, que es una localidad rural-urbana, y todos los centros urbanos importantes (Coatzacoalcos, Minatitlán, Cosoleacaque, Allende, Nanchital y Agua Dulce) se dedican al sector terciario. La tendencia que se observa es el incremento de las actividades industriales y comerciales (Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, 2005).

GEOSISTEMAS TECNÓGENO HIDRÁULICOS

8. Embalses

Corresponden a los cuerpos de agua artificiales, tales como presas, estanques y bordos. En el área de estudio los más importantes son La Cangrejera, Carolina Anaya, Gavilanes (Cangrejera Dos) y Pajaritos (Vaso Uno); cubren una superficie aproximada de 11.3 km² que corresponde al 0.64% del área de estudio.

GEOSISTEMAS AGRARIOS

Agrupan a la agricultura de humedad con cultivos anuales, la agricultura de temporal, subdividida en cultivos

anuales, cultivos semipermanentes y permanentes, y los pastizales cultivados e inducidos.

Los geosistemas agrarios tienen una amplia distribución y dependen para su funcionamiento de la energía solar y de las condiciones del suelo. Aunque en menor proporción que los geosistemas clasificados como tecnógenos, éstos también necesitan energía artificial proporcionada mediante insumos agroquímicos. Actualmente se expanden rápidamente a expensas de las selvas y otros tipos de vegetación.

9. Agricultura de humedad con cultivos anuales

Este tipo de agricultura se ha desarrollado aprovechando la humedad natural aportada por las planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres; se distribuye al suroeste y abarca una superficie aproximada de 60.5 km², igual a 3.41% del área de estudio. Los principales cultivos que produce son maíz, arroz, chile, pepino y otras hortalizas. Intercalados entre los cultivos mencionados también se desarrollan la caña de azúcar y los pastizales, que por la escala de trabajo no se separaron como unidades independientes.

10. Agricultura de temporal con cultivos anuales

Estos geosistemas se consideran como agricultura de temporal porque dependen de las lluvias estacionales para su desarrollo; se distribuyen ampliamente hacia el sur y cubren una superficie de 210.26 km², equivalente al 11.84% del total del área de estudio.

De los cultivos de temporal anuales, la producción de granos, como maíz, arroz, sorgo y frijol, es la más importante. Cabe señalar que el sistema tradicional de rosa, tumba y quema continúa siendo una práctica común (García *et al.*, 2005).

En virtud del tipo de agricultura, las poblaciones rurales localizadas en este tipo de geosistema presentan niveles ínfimos de calidad de vida. Los índices de marginación se agrupan en muy altos (37%) y altos (39%).

11. Agricultura de temporal con cultivos semipermanentes y permanentes

En este tipo de agricultura se agrupan los terrenos que se dedican a los cultivos de caña de azúcar, piña, cítricos (limón y naranja), papaya, plátano, mango, tamarindo, café y coco. Asimismo, entre estos cultivos se intercalan maíz, frijol y otros más. La superficie más importante con estos cultivos se localiza al noreste del municipio de Coatzacoalcos y al norte del municipio de Agua Dulce, con aproximadamente 13.86 km² (0.78% del área de estudio).

12. Agricultura de temporal con cultivos permanentes

Estos geosistemas abarcan un área de 22.48 km² (1.27% del área de estudio), incluyen las plantaciones forestales e industriales de eucalipto, hule y palma de coco africana.

El cultivo del eucalipto es una práctica que se ha ido consolidando, sobretodo en lomeríos o terrenos con leve inclinación. Las plantaciones más importantes se encuentran próximas a los caminos y carreteras en el municipio de Agua Dulce (INE-IMP, 1997; García *et al.*, 2005). El cultivo del hule también se encuentra en franca expansión. En estos cultivos, lo cerrado del estrato arbóreo permite la conservación de los suelos, aún cuando el estrato arbustivo se elimine para facilitar el rayado y la recolección del látex (INE-IMP, 1997). Las plantaciones de palma de coco africana igualmente se están expandiendo debido a las demandas del mercado nacional e internacional.

En los dos últimos geosistemas, la población residente presenta en su totalidad un alto índice de marginación; ello se explica por la temporalidad y la variedad de los cultivos.

13. Pastizales cultivados e inducidos

Se incluye a todo tipo de praderas (pastizales cultivados e inducidos, mezclados con palmares o acahuales, y sabana) suficientemente grandes para representarse cartográficamente como unidades independientes. Las praderas inducidas son consecuencia del desmonte de áreas cubiertas originalmente con selvas. Algunas de ellas primero fueron utilizadas con fines agrícolas, pero actualmente se destinan a la ganadería intensiva y extensiva de especies criollas de bovinos con fines comerciales (INE-IMP, 1997).

En las praderas cultivadas la ganadería de bovinos tiene un doble propósito, la producción de leche y de carne. Aunque se distribuyen por toda el área de estudio (396 km², 22.30% del área de estudio), abarcan grandes extensiones de los municipios de Agua Dulce y Moloacán y una porción del noroeste de Coatzacoalcos. Debido a las rugosidades del terreno y al uso intensivo del suelo para actividades productivas, los asentamientos humanos son reducidos. El carácter comercial de la actividad indica que está concentrada en pocos dueños, por lo que 90% de la población total originaria refleja un alto índice de marginación.

GEOSISTEMAS MIXTOS

14. Geosistemas mixtos

Corresponden a la combinación de un conjunto de geosistemas, que por la escala de trabajo no se pueden delimitar por separado, ya que forman un mosaico muy heterogéneo. Esta categoría tiene una superficie de 100.6 km² (5.6% del área de estudio) y se distribuye entre la zona industrial y su periferia; agrupa geosistemas naturales, semitransformados y transformados. En ellos se



Remoción de dunas costeras para desarrollo de vivienda urbana al oeste de Coatzacoalcos (cortesía de Oraila Oropeza)

incluyen principalmente grandes lotes o predios baldíos, pequeños relictos de selvas, vegetación en proceso de degradación (acahuales), pastizales cultivados e inducidos, cultivos de temporal y campos de explotación del petróleo. La superficie cubierta por los geosistemas mixtos es reflejo de una dinámica acelerada cuya fragmentación se debe al cambio de uso del suelo. En estos geosistemas se conjuga todo tipo de problemas ambientales pues están sujetos a plagas y enfermedades, inundaciones, sequías, incendios forestales y contaminación de suelo, agua y aire; entre otros (Oropeza y Enríquez, 2003a).

GEOSISTEMAS NATURALES Y SEMITRANSFORMADOS TERRESTRES

Los geosistemas pertenecientes al grupo de los naturales y semitransformados (manifiestan algún tipo de influencia humana) dependen para su funcionamiento de la energía proporcionada por la propia naturaleza. Se dividen en terrestres, transicionales y marinos.

Por su parte, los geosistemas terrestres se diferencian de acuerdo a factores bioclimáticos en selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria; de



acuerdo a factores hídricos en lagunas y ríos; y de acuerdo a factores hidrodinámicos en planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre con vegetación hidrófila y en pastizales inundables y planicie acumulativa de bajos inundados permanentemente con vegetación hidrófila.

15. Geosistemas de selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria

Son los geosistemas del área de estudio que representan mejor a las comunidades arbóreas, las cuales albergan una gran diversidad de especies de flora y fauna. En ellos se incluyen las superficies mejor conservadas, ya sea como selvas primarias o secundarias, así como pequeños núcleos de selvas inundables y de vegetación

secundaria o acahuals en diversos estados sucesionales. Estos geosistemas cubren una superficie aproximada de 270.55 km² (15.23% del área de estudio) y su distribución más amplia se localiza entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.

Los geosistemas de selvas presentan diferentes grados de deterioro ambiental, debido a factores naturales y humanos; son de los más amenazados porque a costa de ellos se están ampliando las fronteras agrícolas, pecuarias, industriales, urbanas y turísticas. Entre los peligros más frecuentes que enfrentan se encuentran la tala inmoderada, los incendios forestales naturales y provocados por el hombre y la extracción de flora y fauna, además de la cacería furtiva (Oropeza y Enríquez, 2003a y 2003b).

16. Geosistemas de lagunas y ríos

Los geosistemas terrestres diferenciados por factores hídricos se refieren a los cuerpos de agua continentales (lagunas y ríos) que tienen poca o ninguna influencia marina. Estos geosistemas son muy sensibles a la acción humana, la cual se manifiesta a través de múltiples impactos como la contaminación por fugas y derrames de hidrocarburos, por agroquímicos y por desechos municipales e industriales (Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, 2005); y la sedimentación o azolve por efectos de la erosión de sus cuencas, por mencionar los más importantes.

Los cuerpos de agua más significativos forman parte de la cuenca baja del complejo sistema fluvial del río Coatzacoalcos. Las lagunas más importantes que se incluyen dentro de este grupo de geosistemas son El Tepache, Colorada, Las Matas, El Tepejilote y las Lagunas de Coachapa (ver mapa A.1). En casi todas ellas se presentan, en mayor o menor grado, problemas de contaminación y eutroficación (INE-IMP, 1997).

Como geosistemas fluviales se tomaron en cuenta las dos corrientes principales que mantienen un flujo permanente, que son los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, y sus afluentes de carácter perenne o estacional que son representativos a la escala de trabajo. Para el río Coatzacoalcos los afluentes son el Arroyo Calzadas y el estero del Pantano, Huazuntlán y San Francisco, por la margen izquierda, y Uxpanapa, Teapa, Arroyo Blanco, Coachapa y San Antonio, por la margen derecha. Por su parte, para el río Tonalá los afluentes son Agua Dulce, Agua Dulcita, Tepexcuintle y El Arenal, todos por la margen izquierda (ver mapa A.1). En los sedimentos de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá se han encontrado niveles importantes de hidrocarburos y

metales pesados (Zárate et al., 2001). Las lagunas y ríos abarcan un área estimada en 30.35 km² correspondiente a 1.71% del área de estudio.

17. Geosistemas de planicies acumulativas

Estos se dividen en geosistemas de planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres (con vegetación hidrófila y pastizales inundables) (17a), y geosistemas de planicies acumulativas con bajos inundados permanentemente (con vegetación hidrófila) (17b).

17.a. Geosistemas de planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres (con vegetación hidrófila y pastizales inundables)

Se caracterizan por tener un relieve plano cubierto por sedimentos que provienen de los aportes de los sistemas fluvial y lacustre; incluyen a los pantanos con aguas estancadas o en condiciones de escaso movimiento y sujetos a variaciones hidrológicas estacionales. En ellos se desarrollan amplias comunidades de vegetación hidrófila representada por popales, tulares y carrizales, así como pequeños manchones de selvas y palmares inundables; también se cultivan e inducen pastizales que toleran suelos saturados por el agua. Por su extensión, 313.60 km² (17.65%), ocupan el segundo lugar respecto al total del área de estudio; sus superficies más importantes corresponden a la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá. El acelerado desarrollo urbano que se está dando en la región pone en peligro a estos geosistemas pues son claros los procesos de degradación y desaparición.

17.b. Geosistemas de planicies acumulativas con bajos inundados permanentemente (con vegetación hidrófila)

Estos geosistemas se distinguen de los anteriores por estar ubicados sobre el relieve más deprimido de la zona;

es decir, en pantanos de cuenca, cubetas de decantación o bajos que permanecen inundados todo el tiempo. Sus suelos hidromórficos mantienen una vegetación básicamente de popal y tular, que muestra una gran perturbación humana. En ellos se vierten aguas residuales y algunos están siendo rellenados con escombros y desechos de todo tipo para destinarlos a usos de suelo urbanos. Por lo anterior, se ha determinado la restricción del crecimiento poblacional hacia estas zonas por considerarlas muy vulnerables (Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, 2005).

Estos geosistemas colindan o se encuentran al interior de los anteriores por lo que su distribución también coincide (cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá), su superficie es de 90.12 km², aproximadamente 5.08% del total del área de estudio.

GEOSISTEMAS NATURALES Y SEMITRANSFORMADOS TRANSICIONALES

Los geosistemas transicionales o de interfase están definidos por factores morfodinámicos. A ellos pertenecen las costas y planicies costeras. En este grupo se consideran las planicies acumulativas costeras, la costa acumulativa, el litoral conformado por playas arenosas, las lagunas costeras, los esteros y los manglares. En todos ellos hay un marcado intercambio de materia y energía que se lleva a cabo a través de procesos físicos, biológicos y socioeconómicos entre los geosistemas terrestres y los marinos; por tanto, las alteraciones que se den en ambos tipos de geosistemas repercuten invariablemente en los geosistemas de transición. Estos últimos mantienen una morfodinámica fundamentalmente relacionada con las mareas y las corrientes marinas y fluviales.

18. Geosistemas de planicies acumulativas costeras

Corresponden a los sistemas de dunas y cordones litora-

les, que son importantes por su singularidad, complejidad y su gran dinamismo. Están constantemente cambiando en respuesta a las fuerzas naturales y humanas dentro de una gran variedad de escalas temporales (French, 1997) y juegan un papel esencial en el equilibrio ecológico y en los aportes de sedimentos de los ambientes costeros (Paskoff, 1989). Prestan numerosos servicios ambientales a la sociedad, pues cumplen diversas funciones como hábitat especializados para la flora y fauna, áreas para desarrollos habitacionales y turísticos y fuentes de extracción de materiales. Tienen además un alto valor recreativo (Moreno-Casasola, 2004).

Estas planicies costeras están cubiertas por vegetación propia de dunas costeras o plantas pioneras, además de diversos tipos de matorrales y pastizales. Las principales amenazas que impactan a estos geosistemas son de origen natural y antropogénico; aunque también se combinan, pues el hombre induce o acelera varios procesos peligrosos naturales a través de sus actividades. Entre las primeras cabe mencionar a los ciclones tropicales y los Nortes, los procesos de erosión/sedimentación, las sequías y los incendios forestales, entre otras. En cuanto a las amenazas de origen humano se destacan los cambios de uso del suelo y la consecuente degradación o pérdida de la vegetación; la contaminación de suelo, agua y aire; y la erosión antropogénica de la costa, por mencionar las más importantes.

Estos geosistemas sólo se distribuyen al oeste de la ciudad de Coatzacoalcos. En dirección a la Laguna del Ostión, las localidades rurales y rural/urbanas que ahí se desarrollan muestran índices bajos de marginación.

19. Geosistemas de costas acumulativas

Las costas acumulativas están representadas por playas arenosas, cuyo proceso dominante, como su nombre lo indica, es la acumulación de sedimentos, el cual origina una morfología de dunas, cordones litorales y bermas. Se localizan en el sector norte del área de estudio y de

hecho constituyen el límite con el geosistema marino.

Las playas arenosas presentan diferentes grados de alteración provocada por las actividades humanas. Son afectadas por la contaminación derivada de las operaciones de carga y descarga del petróleo crudo y por los derrames accidentales. En ellas se arrojan además breas, alquitranes, aceites, grasas, sólidos orgánicos, desechos municipales y aguas residuales (SEMAR, 1991). En general, la contaminación por desechos orgánicos e inorgánicos se observa en todas las playas. Entre los fenómenos naturales que causan daños a este tipo de geosistema de costa se encuentran fundamentalmente los eventos hidrometeorológicos extremos como los Nortes y huracanes. Los geosistemas de planicies acumulativas costeras y costas acumulativas suman una superficie de 24 km² (1.35% del área de estudio).

20. Geosistemas de lagunas costeras y esteros

Comprenden principalmente a las lagunas o complejos lagunares y esteros, los cuales son semicerrados pues mantienen una conexión libre con el mar. Éstos incluyen a la Laguna del Ostión y la de Tortuguero, situadas al oeste y al este de la ciudad de Coatzacoalcos, respectivamente, y pequeños esteros. Prácticamente, estas lagunas y esteros limitan o se encuentran dentro de los campos de dunas y cordones litorales. En total abarcan una superficie de 9.2 km² (0.52% del área de estudio). En diversos trabajos se ha estimado que su vulnerabilidad global es alta y muy alta, dadas sus características inherentes y los impactos externos a los que están expuestos (Oropeza y Enríquez, 2003b). Según Zárate y colaboradores (2001), en la Laguna del Ostión la actividad petrolera ha generado serios problemas de contaminación por hidrocarburos.

21. Geosistemas de manglares

Debido a sus características intrínsecas, constituyen

geosistemas muy frágiles que a la vez cumplen funciones ambientales muy importantes, pues son estabilizadores de la línea de costa y la protegen contra el embate de los huracanes. Asimismo, son altamente productivos, ya que permiten el desarrollo de numerosas especies de animales como peces, crustáceos y moluscos, así como de reptiles, mamíferos y aves.

Las comunidades más representativas de manglares se distribuyen en los bordes de la Laguna del Ostión y en las márgenes del río Tonalá, cerca de su desembocadura. También quedan pequeños núcleos en las márgenes del río Coatzacoalcos. El área que cubren es de aproximadamente 18.5 km² (1.04% del área de estudio).

Los manglares están muy amenazados por el desarrollo de las actividades petroleras, industriales, agropecuarias y urbanas. Por un lado, sus superficies se reducen día con día debido a la deforestación y a la apertura de tierras para la ganadería; y por otro, sufren serios problemas de contaminación por derrames de hidrocarburos; vertimiento de aguas residuales (urbanas e industriales) y desechos sólidos; azolvamiento; extracción de gravas y arenas; obstrucción de flujos superficiales que disminuyen las mezclas de agua dulce y marina, por mencionar los más importantes (Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, 2005).

GEOSISTEMAS NATURALES Y SEMITRANSFORMADOS MARINOS

Estos geosistemas son los que conservan el mayor grado de naturalidad en comparación con los anteriores. En general se diferencian en neríticos y abisales.

22. Plataforma continental

En este trabajo sólo se diferencia al geosistema nerítico que se identifica por las aguas someras que se encuentran por encima de la plataforma continental; en ésta la composición predominante es de sedimentos terrígenos

proporcionados por las corrientes fluviales más importantes. Uno de sus principales problemas ambientales es la contaminación marina que se deriva en gran parte de la actividad portuaria relacionada con el manejo de los hidrocarburos, así como de las descargas de aguas residuales industriales y domésticas (SEMAR, 1991). La plataforma continental del área de estudio tiene una superficie aproximada de 458 km², ésta no se incluye en los porcentajes de los geosistemas continentales.

A partir del presente mapa se aplicó la metodología propuesta en el estudio titulado Elaboración de una Metodología para la Identificación de Sitios Ambientalmente Sensibles a los Efectos por Derrames de Hidrocarburos, (Cram et al., 2007), para evaluar la sensibilidad ambiental de los geosistemas ante los derrames de petróleo crudo. Los geosistemas tecnógeno-industriales por ser los más transformados, por constituir un peligro y por tener muchos de ellos una expresión cartográfica puntual (pozos petroleros, minas y granjas) no se consideraron en la evaluación. También se excluyeron los geosistemas urbanos (con población mayor de 15 000 habitantes) pues se les cataloga *a priori* con una vulnerabilidad muy alta frente a la ocurrencia de derrames. Igualmente, los geosistemas hidráulicos, de ríos, de lagunas costeras, esteros y el nerítico se clasificaron con muy alta vulnerabilidad ya que el agua es el vehículo principal en la dispersión del petróleo.

Por su parte, las planicies fluvio-lacustres y palustres con vegetación hidrófila y pastizales inundables, así como los manglares resultan con una sensibilidad alta; la sensibilidad de las planicies acumulativas con bajos inundados permanentemente fue muy alta. Las planicies costeras y las playas, pese al deterioro que muestran, presentaron globalmente un valor bajo. La vulnerabilidad ambiental global de los geosistemas

de selva se clasificó como moderada; mientras que los geosistemas agrarios y mixtos reflejaron una vulnerabilidad baja y muy baja.

REFERENCIAS

Cram, S., R. Aguirre, M. Hernández, N. Martínez, O. Oropeza, J. A. Quintero, O. Salmerón, I. Sommer, M. A. Ortiz y T. Sánchez. 2007. Elaboración de una Metodología para la Identificación de Sitios Ambientalmente Sensibles a los Efectos por Derrames de Hidrocarburos (INE/A1-009/2007). Informe final. Instituto Nacional de Ecología e Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México.

French, P. 1997. Coastal and estuarine management. Routledge. London, England.

García, A., O. Oropeza y L. Galicia. 2005. Land-use systems and resilience of tropical rainforest in the Tehuantepec Isthmus, México. Environmental Management. 34-6: 768-785.

Gobierno del Estado de Veracruz-Llave. 2005. Actualización del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Coatzacoalcos-Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río-Ixhuatlán del Sureste. Xalapa, Veracruz.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2000. *Cartas topográficas*, escala 1:50 000, Hojas: Moloacán, E15A84; Coatzacoalcos, E15A85; Agua Dulce, E15A86; Minatitlán, E15C13; Cosoleacaque, E15C14 e Ixhuatlán del Sureste, E15C15. México.

———. 2001. *XII Censo General de la Población y Vivienda, 2000*. Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Ecología e Instituto Mexicano del Petróleo (INE-IMP) 1997. Proyecto de ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos. Informe

Técnico. México.

Moreno-Casasola, P. 2004. Las playas y dunas del Golfo de México. Una visión de la situación actual. En: Caso M., I. Pisanty y E. Escurra (compiladores.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Vol I. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología A.C., Harte Research Institute for Gulf of México Studies. México. Págs 491-520.

Oropeza, O. y C. Enríquez. 2003a. Principales Problemas Ambientales y Riesgos. Clave VI.7, escala 1:1 000 000. En: Sánchez M. T. y O. Oropeza (coordinadoras). *Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec*. Versión Digital. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

———. 2003b. Vulnerabilidad Global de los Geosistemas. Clave VI.6, escala 1:1 000 000. En: Sánchez M. T. y O. Oropeza (coordinadoras). *Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec*. Versión Digital. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Paskoff R. 1989. Les dunes du littoral. La Recherche. No. 212 Vol. 20, Juillet-Aout. Francia. Pp 888-895.

Sánchez, M. T., N. Martínez y M. Martínez. 2003. Minería: Yacimientos y empresas. Clave V. 17, escala 1:1 000 000. En: Sánchez M. T. y O. Oropeza (coordinadoras.). *Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec*. Versión Digital. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR). 1991. Actividades que realiza la Secretaría de Marina Armada de México en materia de prevención y control de la contaminación del medio marino. Coordinación General de Servicios Técnicos. Dirección General de Ecología Marina. Archivo Interno. México.

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1983. *Cartas de vegetación y uso del suelo*, escala 1:250

000, Hojas: Coatzacoalcos, E15-1-4 y Minatitlán, E15-7; *Carta geológica*, escala 1: 250 000. Hoja: Coatzacoalcos E15-1-4. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.

———. 1984. *Carta geológica*, escala 1: 250 000. Hoja: Minatitlán E15-7. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.

Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca e Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (SEMARNAP-IGUNAM). 2001. *Inventario Nacional Forestal México 2000*. Escala 1:250 000, Hojas: Coatzacoalcos E15-1-4 y Minatitlán E15-7. México.

SPOT. 2005a. *Imagen satélite 2* (06/05/2005-13:26), KJ 598-314, multispectral, tres bandas, resolución espacial de 20 m. © CNES, producida por ERMEXS- Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, bajo licencia de SPOT IMAGE, S. A.

———. 2005b. *Imagen satélite 2* (06/05/2005-13:26), KJ 598-314, pancromática, una banda, resolución espacial de 10 m. © CNES, producida por ERMEXS- Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, bajo licencia de SPOT IMAGE, S. A.

Zárate, L. D., A. Yáñez-Arancibia, E. Rivera-Arriaga, P. Sánchez, M. A. Ortiz, A. Lara, L. Hernández, H. Alafita y S. Guevara. 2001. Diagnóstico ambiental y necesidades para el manejo integral de la zona costera del Golfo de México y Caribe. Informe Técnico. I Panel de Necesidades para la Gestión y el Manejo Integrado de la Zona Costera del Golfo de México y Caribe. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.

C.1. CAPACIDAD INSTALADA Y PRODUCCIÓN DE PETROLÍFEROS Y PETROQUÍMICOS

María Teresa Sánchez Salazar¹
y Norma Martínez Laguna²

La accesibilidad a las mayores fuentes de hidrocarburos en el país, la relativa cercanía a los grandes núcleos urbano-industriales del centro del país, la comunicación con las regiones noreste, noroeste y occidental (a través de la red troncal de ductos y de los puertos de Coatzacoalcos y Salina Cruz) y su evidente orientación hacia los mercados externos, convirtieron al sureste de Veracruz en un espacio idóneo para la expansión e integración de la industria petrolera durante los años 1970 y principios de los 1980. Estas ventajas facilitaron el eslabonamiento de las actividades de explotación, refinación, petroquímica básica y secundaria, distribución y comercialización de petróleo, petrolíferos y petroquímicos, y permitieron la integración tecnológica y espacial de la región, al transformarla en un eslabón estratégico dentro del complejo territorial petrolero nacional (Sánchez-Salazar *et al.*, 1999 y Martínez *et al.*, 2002).

La historia regional vinculada al desarrollo de la industria petrolera comenzó a principios del siglo XX, en 1906, cuando la empresa norteamericana *Pearson &*

¹Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. mtss@servidor.unam.mx.

²Departamento de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. norma_geo@hotmail.com.

la producción regional. Como resultado de este desarrollo, la población local creció debido a los movimientos migratorios, se estructuró una red regional de caminos y se estableció un intenso tránsito fluvial entre Minatitlán, Nanchital y Coatzacoalcos. De esta forma se desarrolló una economía petrolera de enclave que tuvo una actividad ininterrumpida aún durante el periodo revolucionario. En los años subsiguientes, la refinación de Minatitlán aumentó su área de influencia a todo lo largo del Golfo de México y llegó a refinar petróleo crudo de la denominada Faja de Oro del norte de Veracruz (Sánchez-Salazar *et al.*, 1999; Martínez *et al.*, 2002).

Durante el periodo 1948-1960 se descubrieron nuevos yacimientos de

petróleo en la región (Agua Dulce, Las Choapas), que motivaron el incremento de la capacidad instalada de la refinación a 250 miles de barriles por día (mbd) y se habilitó la laguna de Pajaritos con instalaciones para la recepción de barcos petroleros. Sin embargo, el impulso industrial en el sureste de Veracruz en los tiempos modernos ocurrió a partir del decenio de los 1960, con el inicio de la era de la petroquímica, cuando en 1962 se inauguró la primera planta de amoníaco del Complejo Petroquímico Cosoleacaque de PEMEX, lo que dio un gran impulso a la industria de los fertilizantes (se establecieron

cuatro plantas productoras de la empresa paraestatal Fertilizantes Mexicanos en la región) y en 1967 entraron en operación las primeras plantas de productos clorados del Complejo Petroquímico de Pajaritos. Asimismo, entre 1964 y 1968, se iniciaron operaciones en las plantas de benceno, ciclohexano, etilbenceno, propileno, tolueno y ortoxileno de la refinación de Minatitlán (PEMEX, 1970, 1980, 1990, 1997) y con ello se establecieron una serie de flujos intra- e interregionales.

Hasta los años 1970 la distribución territorial de la industria petroquímica de PEMEX reflejó una amplia

salida a



Complejo industrial La Cangrejera al este de Coatzacoalcos (cortesía de José María Casado)



dispersión geográfica a lo largo del territorio nacional (Martínez, 2001); sin embargo, como consecuencia del auge petrolero, se inició un proceso de concentración de las instalaciones de la petroquímica en el sureste de Veracruz, por razones estratégicas y de funcionalidad, lo que marcó el principio del mayor auge industrial ocurrido en dicha región. En 1977 se puso en marcha la construcción del complejo petroquímico La Cangrejera en el municipio de Coatzacoalcos, inaugurado en 1981 con 21 plantas y una capacidad nominal de 500 mil toneladas al año; en su momento fue el más grande del mundo en su tipo y hoy es el principal contribuyente en la producción petroquímica nacional (PEMEX, 2007). En una segunda fase, se emprendió la ampliación de

la terminal marítima de Pajaritos, para dar salida a la producción de los complejos petroquímicos y a los movimientos de altura y cabotaje de hidrocarburos procedentes de Tabasco y Campeche y de los productos petrolíferos elaborados por la refinería de Minatitlán. Esta terminal marítima es hoy día la más importante de PEMEX por la diversidad de los productos que maneja, por su capacidad instalada total (10 millones de barriles de petróleo crudo equivalente) y por sus movimientos de cabotaje de productos derivados del petróleo a todo lo largo del Golfo de México. Finalmente, en 1980, se inició la construcción del complejo petroquímico Morelos, cuyas ocho plantas entraron en operación en 1988 (Sánchez-Salazar *et al.*, 1999).

Las implicaciones territoriales más relevantes que la petroquímica básica generó a partir del auge petrolero se relacionan de manera directa con el nivel de concentración industrial. Como resultado de este auge, durante los años 1970 y principios de los 1980 se establecieron en la región sureste de Veracruz más de 20 industrias petroquímicas privadas que se abastecen de las materias primas producidas en los cuatro complejos petroquímicos de PEMEX (Sánchez-Salazar *et al.*, 1999). En consecuencia, el territorio que ocupan las instalaciones de PEMEX y de la petroquímica privada, y la expansión de la red de ductos para la distribución de petróleo crudo, gas natural, productos petrolíferos y petroquímicos que interconectan las zonas de producción con las de consumo regional y nacional, han modificado desde entonces el paisaje natural original de los espacios específicos donde se insertaron (Martínez, 2001).

La "petrolización" de la economía nacional ocurrida desde el decenio de los 1970 ha provocado que gran parte de las divisas obtenidas por la exportación de petróleo crudo ingresen como impuestos al gobierno federal (actualmente alrededor del 40% de la captación fiscal del Estado procede de PEMEX). Ello ha reducido el monto disponible por la paraestatal para llevar a cabo los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de sus instalaciones industriales y de la red de ductos, lo que ha ocasionado que los problemas de fugas y derrames a lo largo de ésta sean cada vez más frecuentes en la región de Coatzacoalcos, por estar concentrada en ella la mayor infraestructura industrial de PEMEX, sobre todo en el área petroquímica. Por ello, es necesario conocer la capacidad instalada, los productos y volúmenes manejados en la industria de refinación y la petroquímica de PEMEX de la región sureste de Veracruz, específicamente en la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, y analizar la posible afectación a los geosistemas que conforman dicha región.

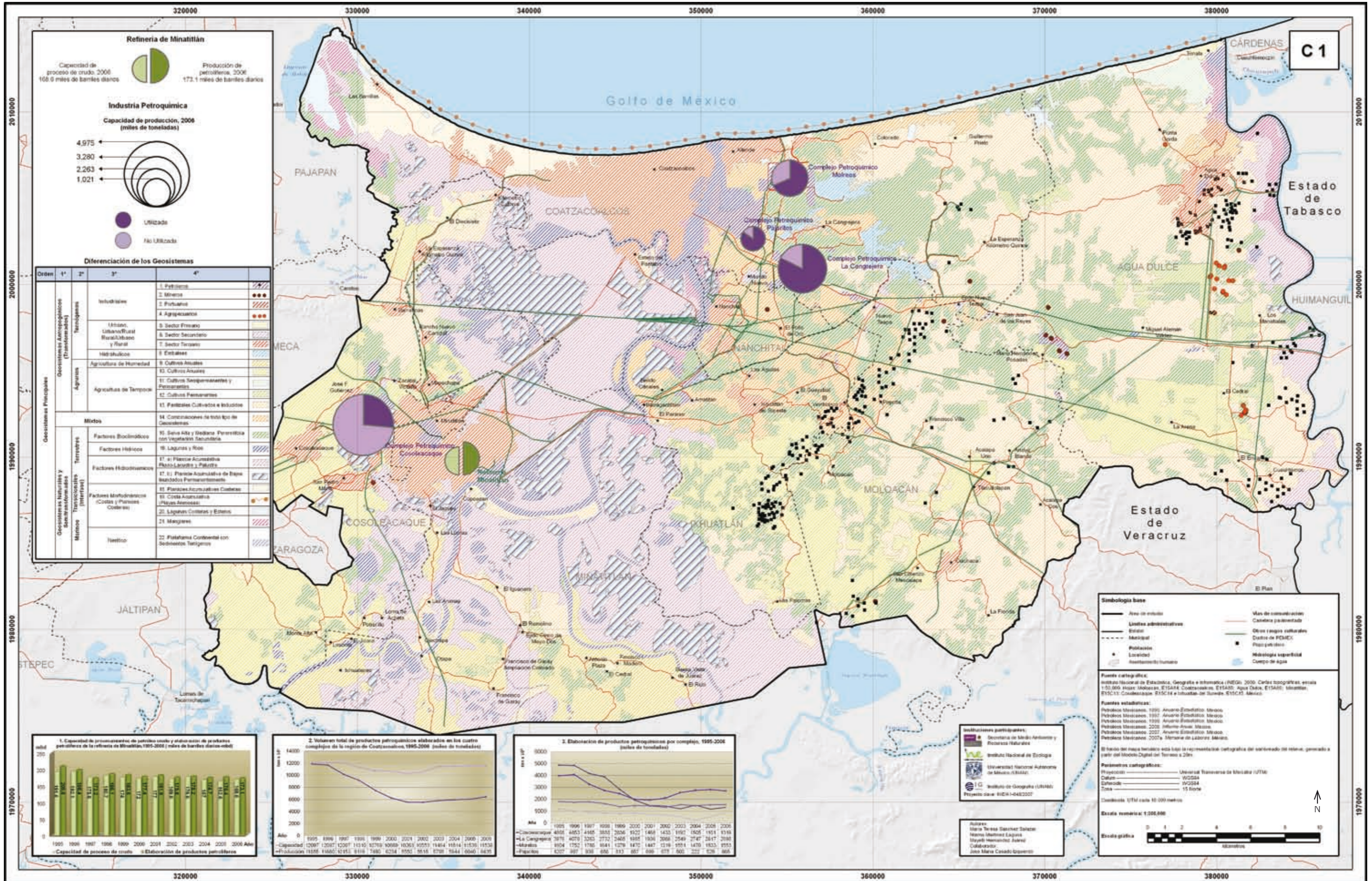
Para elaborar este mapa se seleccionó información estadística sobre la capacidad instalada y la producción

de la refinería General Lázaro Cárdenas de Minatitlán y de los complejos petroquímicos de la región, en el Anuario Estadístico 2007, la Memoria de Labores 2007 y el Informe Anual 2006 publicados por PEMEX. La información geográfica de los derechos de vía del sistema regional de ductos que conectan la refinería de Minatitlán con los complejos petroquímicos, y del sistema troncal de ductos que cruzan de este a oeste la región, comunicando la zonas productoras de petróleo y gas natural del sureste del país con el resto del territorio nacional, se tomó de las cartas del INEGI escala 1:50 000 y se complementó con la que proporciona PEMEX en sus informes anuales. Cabe destacar que éstas fueron las únicas fuentes a las que se tuvo acceso directo. La paraestatal cuenta con una cartografía digital muy detallada sobre la infraestructura industrial y de distribución de sus productos, pero estos documentos son considerados de carácter estratégico, confidencial y de uso interno.

Para la elaboración de este mapa temático se consideraron dos niveles en el manejo y aprehensión de la información geográfica. A nivel puntual se presenta la información referente a la capacidad instalada del proceso y producción de petrolíferos y petroquímicos de la refinería de Minatitlán (a través de símbolos de tamaño proporcional al valor absoluto de la capacidad instalada y la producción) y de los cuatro complejos petroquímicos de PEMEX en la región de estudio (La Cangrejera, Morelos Cosoleacaque y Pajaritos), así como la distribución de pozos petroleros y de localidades. Por su parte a nivel areal, se empleó el mapa de tipos de geosistemas (B.8) con el fin de identificar cuáles de éstos son los más vulnerables al impacto ambiental derivado de las instalaciones industriales petroleras y de sus sistemas de distribución mediante ductos.

El presente mapa revela que las principales instalaciones de PEMEX (refinería y complejos petroquímicos) se localizan en tres geosistemas: industriales petroleros, mixtos y del sector secundario; mientras que los geosistemas como las planicies

Capacidad instalada y producción de petrolíferos y petroquímicos



acumulativas fluvio-lacustres y palustres, las selvas altas y medianas perennifolias con vegetación secundaria, y algunas áreas de pastizales cultivados e inducidos, de agricultura de temporal y de agricultura de humedad de cultivos anuales se encuentran bajo la influencia de los pozos petroleros y de la red de ductos que cruza toda la región. Todos los geosistemas mencionados tienen la sensibilidad más elevada respecto al impacto ambiental causado por la infraestructura industrial de PEMEX y a los posibles derrames de petróleo y demás productos transportados mediante el sistema regional de ductos.

La refinería de Minatitlán se localiza en la ribera del río Coatzacoalcos, lo cual ha propiciado durante muchos años un intenso tránsito de embarcaciones que conectan su terminal fluvial con Nanchital y el puerto de Coatzacoalcos. Actualmente, esta refinería tiene una capacidad instalada de procesamiento de petróleo crudo de 168.6 mbd, lo que la ubica en el quinto lugar a nivel nacional entre las seis refinerías del país (13.1% de la capacidad nacional de proceso) (PEMEX, 2007). Del petróleo que actualmente procesa (170 mbd), 66.5% corresponde a petróleo crudo ligero y 33.5% a petróleo crudo pesado. En 2006 la refinería de Minatitlán tuvo una producción petrolífera de 173.1 mbd, integrada por 54 mbd de gasolina magna, 44 mbd de diesel, 64 mbd de combustóleo pesado, 5 mbd de gas licuado y 6 mbpced (miles de barriles de petróleo crudo equivalente por día) de gas seco (PEMEX, 2007 y 2007a). Si bien esta producción la ubicó en el penúltimo lugar nacional, su importancia fue y sigue siendo estratégica para el abastecimiento de petrolíferos de la región norte del Istmo de Tehuantepec y todo el sureste del país. Como se aprecia en el primer recuadro del mapa C.1, tanto la capacidad instalada como la producción de esta refinería han ido disminuyendo paulatinamente durante el periodo de 1995-2006 con motivo del desarrollo del programa de reconfiguración industrial.

En cuanto a la capacidad instalada para la producción de petroquímicos primarios, en el sureste de Veracruz se ubican cuatro de las ocho

instalaciones para la producción de petroquímicos que existen en el país: los complejos petroquímicos La Cangrejera, Morelos, Cosoleacaque y Pajaritos. Como se observa en el mapa, el de mayor capacidad es el complejo petroquímico Cosoleacaque (4975 miles de toneladas), que se ubica junto a la ciudad de Minatitlán, sobre la carretera federal Minatitlán-Villahermosa, en el límite entre los municipios de Cosoleacaque y Minatitlán. De todos los complejos petroquímicos de la región, es el más antiguo, como ya antes se señalaba, y el que utiliza la menor proporción de su capacidad instalada (26.5%). Es el único complejo del país que produce amoníaco, y concentra 93.9% de la producción nacional de derivados del metano (cuadro C.1.1).

Le sigue en capacidad de producción el complejo petroquímico La Cangrejera (3280 miles de toneladas), que se localiza sobre la carretera Coatzacoalcos-Nuevo Teapa-Villahermosa, junto al complejo industrial de Pajaritos. La Cangrejera trabaja al 82.3% de su capacidad y es el de mayor diversidad productiva de la región. Concentra 33.2% de la producción de derivados del etano, entre los que sobresale de manera particular el polietileno de baja densidad (80.9% de la producción nacional). Sin embargo, la especialidad de este complejo es la elaboración de productos aromáticos, de los cuales aglutina 100% de la producción del país (cuadro C.1.1).

El complejo petroquímico Morelos ocupa el tercer lugar regional por su capacidad instalada (2263 miles de toneladas) y se encuentra ubicado cerca de la costa, junto a la localidad de Allende, vecina a la desembocadura del río Coatzacoalcos. Es el de más reciente apertura y actualmente utiliza 68.6% de su capacidad instalada de producción. Este complejo se especializa en la producción de derivados del etano (40.5% de la producción nacional), de los cuales sobresalen el propileno, el polietileno de alta densidad y los glicoles etilénicos, con el 100% de la producción del país, y el óxido de etileno con el 69.3% de esa producción (cuadro C.1.1).



Tren de poliductos de Pajaritos, este de Coatzacoalcos (cortesía de José María Casado)

Finalmente, el complejo petroquímico Pajaritos es el segundo más antiguo de la región y el de menor capacidad de producción (1021 miles de toneladas); se ubica frente a la Terminal Marítima de Pajaritos, donde se sitúa también una serie de plantas industriales de la petroquímica privada. Este complejo utiliza, en comparación con los demás complejos de PEMEX, la mayor proporción de su capacidad instalada (84.7%), se especializa en la elaboración de productos petroquímicos clorados, aglutinando el 100% de la producción nacional de cloruro de vinilo y dicloroetano (cuadro C.1.1).

En conjunto, la capacidad instalada de estos cuatro complejos representa 91.9% de la capacidad nacional en elaboración de productos petroquímicos. En 2006

elaboraron en conjunto 98% de la producción total del país (PEMEX, 2007) (cuadro C.1.1).

Por lo que se refiere al sistema de ductos que cruza la región, su diámetro varía (8, 10, 12, 16, 20, 24, 36, 48 y 88 pulgadas) dependiendo del volumen y las características físicas y químicas propias de cada producto transportado. Los hidrocarburos que son inflamables y explosivos, pero estables, normalmente circulan por los ductos de mayor grosor. Por su parte, los productos que tienen presiones de vaporización alta y que son peligrosos por su elevada explosividad (como el combustóleo, la gasolina, el propileno e incluso el nitrógeno) requieren de condiciones de transporte muy especializadas. Otros productos son agresivos porque

provocan corrosión interna. Ante estos riesgos, los tubos cuentan con sistemas de protección catódica que los resguardan exteriormente, mientras que interiormente se realiza una inyección de productos inhibidores de la corrosión. Los principales generadores de la corrosión interior de los ductos son el agua, la sal o el azufre. A pesar de que PEMEX cuenta con un sistema computarizado de revisión periódica de sus ductos, la edad de éstos (que rebasa fácilmente los 35 años) representa una gran desventaja, sobre todo si las tuberías se localizan en zonas pantanosas donde el exceso de humedad provoca una rápida corrosión externa.

Si bien, como ya se señalaba, la producción de los cuatro complejos petroquímicos de la región sureste de Veracruz ha representado desde el decenio de los 1990 entre el 96 y el 98% de la producción petroquímica nacional, la capacidad utilizada ha tenido una caída global de 98% en 1995 a 55.8% en 2006, como lo sintetizan las gráficas de los cuadros 2 y 3 del mapa C.1. Ello se explica por la reestructuración de PEMEX llevada a cabo en los 1990 y por la decisión gubernamental de limitar las inversiones en este sector productivo con miras a una privatización que se ha venido postergando desde la administración del presidente Salinas. A lo anterior hay que añadir que, desde 1997, los resultados de PEMEX Petroquímica se vieron impactados por la tendencia descendente de los precios internacionales de los productos petroquímicos y por los altos costos de producción derivados del incremento del precio del gas natural utilizado como materia prima en sus procesos (PEMEX, 2007 y 2007a).

La incosteabilidad de la producción ha conducido al cierre de algunas plantas petroquímicas, como en el caso de las de polietileno y productos clorados en el complejo petroquímico Pajaritos; paraxileno, amoníaco e hidrógeno en el complejo petroquímico Cosoleacaque; y cumeno en La Cangrejera (PEMEX, 1999). Del mismo modo, el régimen fiscal que el gobierno federal impone a PEMEX (más de 70% de sus ingresos totales por ventas) ha llevado a la empresa a sacrificar la inversión programada en proyectos de expansión y obras de modernización

CUADRO C.1.1. PRODUCCIÓN EN LOS COMPLEJOS PETROQUÍMICOS DE MÉXICO, 2006 (MILES DE TONELADAS).

| Tipos de productos | Cosoleacaque | %1 | Cangrejera | %1 | Pajaritos | %1 | Morelos | %1 | Otros | %1 | Total | % |
|---------------------------|--------------|------|------------|------|-----------|------|---------|------|-------|------|-------|-----|
| TOTAL | 1319 | 20.1 | 2698 | 41.0 | 865 | 13.2 | 1553 | 23.6 | 137 | 2.1 | 6572 | 100 |
| a) Derivados del metano | 1319 | 93.9 | | | | | | | 85 | 6.1 | 1404 | 100 |
| Amoniaco | 592 | 100 | | | | | | | | | 592 | 100 |
| Metanol | | | | | | | | | 85 | 100 | 85 | 100 |
| Anhídrido carbónico | 727 | 100 | | | | | | | | | 727 | 100 |
| b) Derivados del etano | | | 905 | 33.2 | 681 | 25.0 | 1105 | 40.5 | 38 | 1.3 | 2729 | 100 |
| Polietileno bd | | | 284 | 80.9 | | | 29 | 8.3 | 38 | 10.8 | 351 | 100 |
| Polietileno ad | | | | | | | 167 | 100 | | | 167 | 100 |
| Óxido de etileno | | | 111 | 30.7 | | | 250 | 69.3 | | | 361 | 100 |
| Cloruro de vinilo | | | | | 209 | 100 | | | | | 209 | 100 |
| Glicoles etilénicos | | | | | | | 160 | 100 | | | 160 | 100 |
| Etileno | | | 510 | 45.2 | 119 | 10.5 | 499 | 44.3 | | | 1128 | 100 |
| Dicloroetano | | | | | 353 | 100 | | | | | 353 | 100 |
| c) Aromáticos y derivados | | | 1474 | 100 | | | | | | | 1474 | 100 |
| Paraxileno | | | 185 | 100 | | | | | | | 185 | 100 |
| Estireno | | | 139 | 100 | | | | | | | 139 | 100 |
| Tolueno | | | 203 | 100 | | | | | | | 203 | 100 |
| Xilenos 5° | | | 28 | 100 | | | | | | | 28 | 100 |
| Ortoxileno | | | 27 | 100 | | | | | | | 27 | 100 |
| Aromina 100 | | | 102 | 100 | | | | | | | 102 | 100 |
| Benceno | | | 135 | 100 | | | | | | | 135 | 100 |
| Otros | | | 655 | 100 | | | | | | | 655 | 100 |
| d) Propileno y derivados | | | | | | | 30 | 100 | | | 30 | 100 |
| Propileno | | | | | | | 29 | 100 | | | 29 | 100 |
| Acrlonitrilo | | | | | | | 1 | 100 | | | 1 | 100 |
| d) Otros | | | 319 | 34.1 | 184 | 19.7 | 418 | 44.7 | 14 | 1.5 | 935 | 100 |
| Isohexano | | | 53 | 100 | | | | | | | 53 | 100 |
| Otros | | | 266 | 30.2 | 184 | 20.9 | 418 | 47.4 | 14 | 1.5 | 882 | 100 |

¹ %: Porcentaje respecto al total nacional. Fuente: PEMEX, 2007a.

en petroquímica, el área productiva más afectada de PEMEX debido a las limitaciones presupuestales (Martínez, 2002).

Evidentemente, la coyuntura económica por la que ha transitado la región sureste de Veracruz ha provocado situaciones muy complejas, al grado de que los aspectos relativos a la sensibilidad ambiental de los geosistemas han pasado a un segundo plano respecto de otros problemas, cuando dichos aspectos deberían manejarse de manera integral junto con los del medio socioeconómico, en virtud de la elevada fragilidad de los ecosistemas y de la contaminación ya existente como resultado de la intensa actividad industrial regional.

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. *Cartas topográficas*, escala 1:50 000, Hojas: Moloacán, E15A84; Coatzacoalcos, E15A85; Agua Dulce, E15A86; Minatitlán, E15C13; Cosoleacaque, E15C14 e Ixhuatlán del Sureste, E15C15. México.

Martínez, N. 2001. Evolución y expresión territorial de la industria petroquímica en México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, 46: 98-116.

Martínez, N., M. T. Sánchez, y J. M. Casado. 2002. Istmo de Tehuantepec: un espacio geoestratégico bajo la influencia

de intereses nacionales y extranjeros. Éxitos y fracasos en la aplicación de políticas de desarrollo industrial (1820-2002). *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 49: 118-135.

Petróleos Mexicanos. 1970. *Memoria de Labores*. PEMEX, México. 180 pp.

———. 1980. *Anuario Estadístico*. PEMEX, México. 150 pp.

———. 1990. *Anuario Estadístico*. PEMEX, México. 60 pp.

———. 1997. *Anuario Estadístico*. PEMEX, México. 62 pp.

———. 1999. *Anuario Estadístico*. PEMEX, México. 64 pp.

———. 2006. *Informe Anual*. PEMEX, México. 68 pp.

———. 2007. *Anuario Estadístico*. PEMEX, México. 68 pp.

———. 2007a. *Memoria de Labores*. PEMEX, México. 258 pp.

Sánchez, M. T., N. Martínez, y M. Martínez. 1999. Industria petroquímica y cambios socioeconómicos regionales en la costa del Golfo de México. El caso del sureste de Veracruz. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 40: 127-147.

C.2. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y TASA DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL POR LOCALIDAD

María Teresa Sánchez Salazar¹ y Norma Martínez Laguna²

La población representa un elemento imprescindible en el estudio de los espacios productivos petroleros, sobre todo en su carácter de fuerza de trabajo, pues la industria petrolera requiere de una mano de obra abundante y poco calificada en la fase de construcción de la infraestructura, reducida y altamente capacitada en la de operación, y numerosa en los diversos servicios vinculados directa o indirectamente a su buen funcionamiento. De hecho, las áreas industriales petroleras se convierten en importantes polos de concentración de población y de actividades económicas secundarias y terciarias.

La estructuración y organización socioeconómica de la región petrolera del sureste de Veracruz es el resultado de un proceso de transformación ocurrido a diferentes ritmos a partir del decenio de los 1960. Dicho proceso ha afectado al crecimiento demográfico y a la urbanización regional, a la fuerza de trabajo y a los diversos sectores de la economía, con el consiguiente impacto a los distintos componentes del medio natural. Es

¹Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. mtss@servidor.unam.mx.

²Departamento de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. norma_geo@hotmail.com.

por ello que el análisis socioeconómico considera un periodo de 30 a 35 años que permita la comprensión del proceso evolutivo que dio lugar a los cambios económicos y demográficos que le han dado su carácter distintivo a la región en estudio. Los aspectos tratados se abordan desde la perspectiva del análisis de datos estadísticos y censales disponibles en el INEGI para el periodo 1970-2005 y de la información cualitativa y cuantitativa obtenida en el trabajo de campo y su interpretación espacial.

Para la elaboración de este mapa temático se consideraron dos niveles en el manejo y aprehensión de la información. A nivel puntual se presentó la información principal o aquella que refleja el tema prioritario (la población total y su crecimiento a través del tiempo) y a nivel areal se empleó la carta base de tipos de geosistemas. Esto permitió identificar en cuáles de ellos se ubican las áreas con mayor presión demográfica, tanto por población absoluta como por tasa de crecimiento, cómo se distribuyen estas variables en relación con los tipos de geosistemas y cuál es el posible impacto que está generando la población. Por su parte, el análisis de los geosistemas en relación con la localización de los oleoductos permitió identificar el grado de vulnerabilidad de la población a los derrames de hidrocarburos.

A finales de la década de los 1960 y durante el decenio de los 1970, la elevada demanda de trabajadores para la construcción de los complejos petroquímicos y el resto de la infraestructura asociada a las actividades de PEMEX generó un saldo migratorio positivo procedente de las áreas rurales aledañas y de otros estados del país. La respuesta lógica a dicho proceso fue el crecimiento demográfico, en particular, el urbano, principalmente en tres municipios: Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque. De finales de los 1960 data la construcción de los complejos petroquímicos Cosoleacaque y Pajaritos, y de las industrias de FERTIMEX que obtienen sus materias primas de dichos



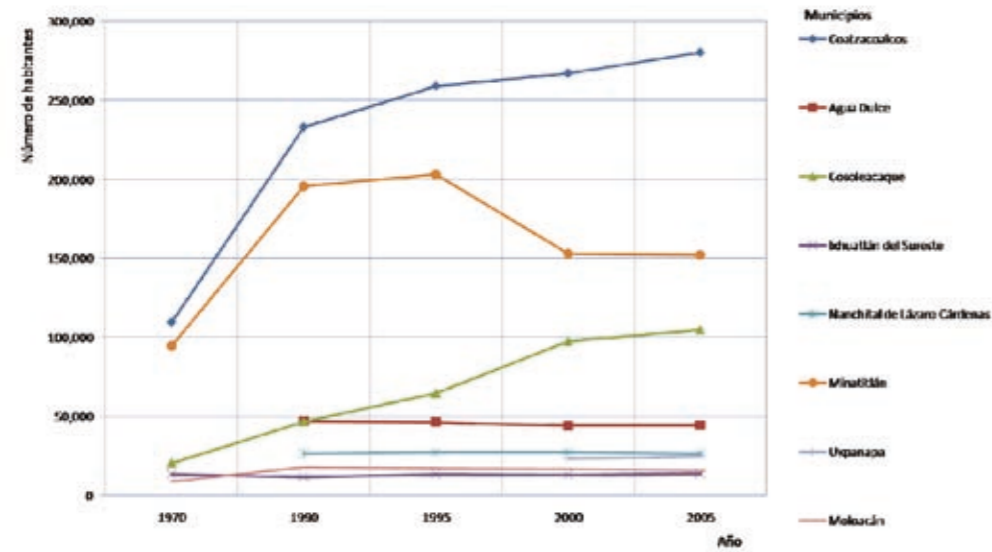
Viviendas en la zona limítrofe en la laguna Tepache, Colonia Divina Providencia, calle Ningunas (cortesía de Mayelli Hernández)

complejos. Al auge petrolero de los 1970 y principios de los 1980 corresponde la implantación de los complejos La Cangrejera y Morelos, la ampliación de la refinería de Minatitlán y del Puerto de Pajaritos, el desarrollo de la industria petroquímica secundaria, y la densificación regional del sistema de ductos. Este incremento de la infraestructura industrial derivó en un aumento considerable de la mancha urbana de Minatitlán y su expansión hacia el municipio de Cosoleacaque a lo largo de la carretera estatal Acayucan-Villahermosa. Por su parte, Coatzacoalcos creció principalmente hacia el oeste, a lo largo de la antigua carretera a Minatitlán en dirección al aeropuerto Cánticas (pista de aviación), en donde también se ubicó una primera concentración

de industrias petroquímicas secundarias, entre las que destacan Celanese, Fenoquimia, Sales Nacionales y Tereftalatos Mexicanos (Sánchez-Salazar, *et al.*, 1999; Martínez, 2000).

Al crecimiento poblacional del periodo 1960-1980 se sumó también el municipio de Ixhuatlán del Sureste al que en aquel momento pertenecía la localidad de Nanchital. En 1988 se creó el municipio de Nanchital, el cual registró 27 178 habitantes en 1995 y 24.5% de su población económicamente activa (PEA) laboraba en la industria petrolera (SIC, 1971; INEGI, 1981; H. Ayuntamiento de Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río, Ver., 1996); su estructura ocupacional es fundamentalmente obrera por estar ubicada en las

FIGURA C.2.1. CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN TOTAL EN LOS MUNICIPIOS DEL ÁREA DE ESTUDIO ENTRE 1970 Y 2005.



Nota: el municipio de Agua Dulce se desagrega del de Coatzacoalcos en 1988. El municipio de Nanchital se desagrega del de Ixhuatlán del Sureste en 1988. El municipio de Uxpanapa se desagrega de los de Las Choapas, Jesús Carranza, Hidalgotitlán y Minatitlán.

Fuente: SIC, 1971; INEGI, 1981, 1996, 2001 y 2006.

proximidades de tres de los complejos de PEMEX y de la segunda concentración de establecimientos de la petroquímica secundaria de la región (Complejo Industrial Pajaritos y áreas aledañas). Por su parte, el municipio y la localidad de Agua Dulce recibieron, a finales de los 1980, la llegada de un gran número de migrantes para laborar en los campos petroleros activos de la región, lo que dio como resultado que entre 1970 y 1990 duplicara su población.

La evolución de la población de los municipios de la región se resume en la figura C.2.1. Destacan como los más poblados, los de Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque en ese orden, siendo el periodo 1970-1990 el de crecimiento más notorio por el proceso anteriormente señalado. Posteriormente, entre 1990 y 2005 se nota, por el contrario, una estabilización en el crecimiento poblacional regional (el descenso demográfico del municipio de Minatitlán se explica porque de él se escindió parte del municipio de Uxpanapa). Ello se debe a la adopción de una política económica

neoliberal a partir del decenio de los 1980 que motivó a nivel regional la reestructuración de la petroquímica de PEMEX y la privatización de los complejos de FERTIMEX; ello derivó en importantes recortes de la plantilla laboral industrial con el consecuente desempleo y la disminución del crecimiento demográfico regional (figura C.2.1.).

El mayor crecimiento demográfico ocurrió en los principales centros urbanos regionales. Por ejemplo, Coatzacoalcos pasó de 109 588 habitantes en 1970 a 280 363 en 2005; en conjunto, las ciudades de Coatzacoalcos, Cosoleacaque y Minatitlán concentraron, en 2005, 85% de la población total del área estudiada.

El presente mapa muestra la distribución geográfica de la población según el tamaño de las localidades, así como su tasa de crecimiento medio anual durante el periodo 1995-2005. Destacan, en primer lugar, las mayores concentraciones urbanas ubicadas principalmente en la desembocadura y a lo largo del río Coatzacoalcos, particularmente la propia ciudad de Coatzacoalcos y Allende, a ambos lados de la desembocadura; río arriba se encuentran Nanchital, Minatitlán y su conurbación hacia el municipio de Cosoleacaque; sobre la carretera a Acayucan se ubica la propia localidad de Cosoleacaque; finalmente, la localidad de Agua Dulce se sitúa cerca del límite con el estado de Tabasco, en las proximidades del río Tonalá. Durante el periodo 1995-2005, como ya antes se explicaba, la mayoría de estas localidades destacan por su estabilidad demográfica, sólo Minatitlán y su

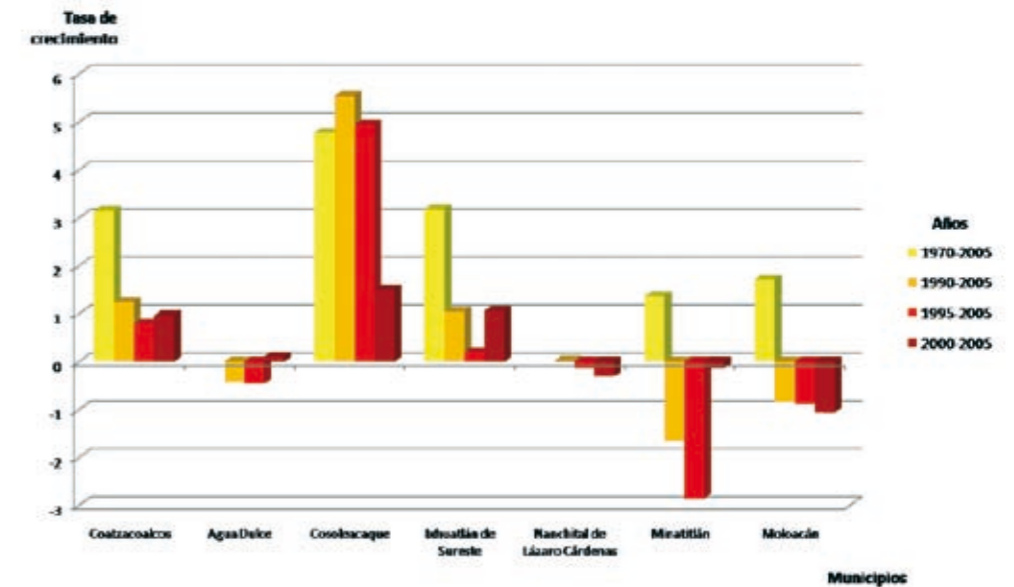
conurbación en el municipio de Cosoleacaque muestran una tasa de crecimiento demográfico negativa. En contraste, se observa un conjunto de localidades mixtas rurales (entre 5000 y 9999 habitantes), que se han ido conurbando con Coatzacoalcos, Nanchital y Minatitlán, principalmente; en ellas se presentan las mayores tasas de crecimiento medio anual, por ejemplo Lomas de Barrillas, El Naranjito e Ixhuatlán, siendo excepción las localidades de Coacotla y la Colonia Mundo Nuevo ubicada junto a Nanchital. Esta última muestra una tasa de crecimiento negativa, debido al proceso de pérdida de empleo regional y a su emplazamiento próximo a los derechos de vía de los ductos de PEMEX, lo cual incrementa su nivel de vulnerabilidad ante riesgos industriales.

En cuanto a la población rural (localidades menores a 5000 habitantes), ésta se distribuye ampliamente en el espacio regional restante, preferentemente agropecuario, a excepción de los geosistemas de planicies acumulativas fluvio-lacustres, palustres y costeras en donde la población es prácticamente inexistente. En todas estas localidades, el crecimiento poblacional es variable y se pueden apreciar tres grupos: a) las localidades rurales próximas a las ciudades tienden a tener una tasa de crecimiento positivo por su mejor accesibilidad y por el impacto de la industria regional; b) las localidades que presentan una estabilidad demográfica, que son la mayoría, como el resto de las localidades mixtas y urbanas ya señaladas; y c) las localidades rurales más

alejadas de las principales vías de comunicación o aquellas que se ubican muy cerca de los complejos industriales, las cuales presentan tasas negativas de crecimiento y algunas podrían estar en proceso de desaparecer.

La presencia de PEMEX en la región se tradujo en la generación de fuentes de trabajo temporales, tales como las de albañiles y estibadores en las zonas rurales de los municipios de Moloacán, Minatitlán y Agua Dulce. A partir de 1992, la reestructuración de la filial de petroquímica de PEMEX y el consecuente despido de trabajadores se reflejó en la necesidad de rehabilitar tierras agrícolas o pecuarias, que habían sido abandonadas por muchos años, para volver a hacerlas productivas. En el caso de localidades como Predio San Regino, Las Águilas, El Túnel, Ixhuatlán del Sureste, Ejido Arroyo Blanco, entre otras, el desarrollo de la actividad ganadera y el cruce por su territorio de las carreteras federales (la transístmica y

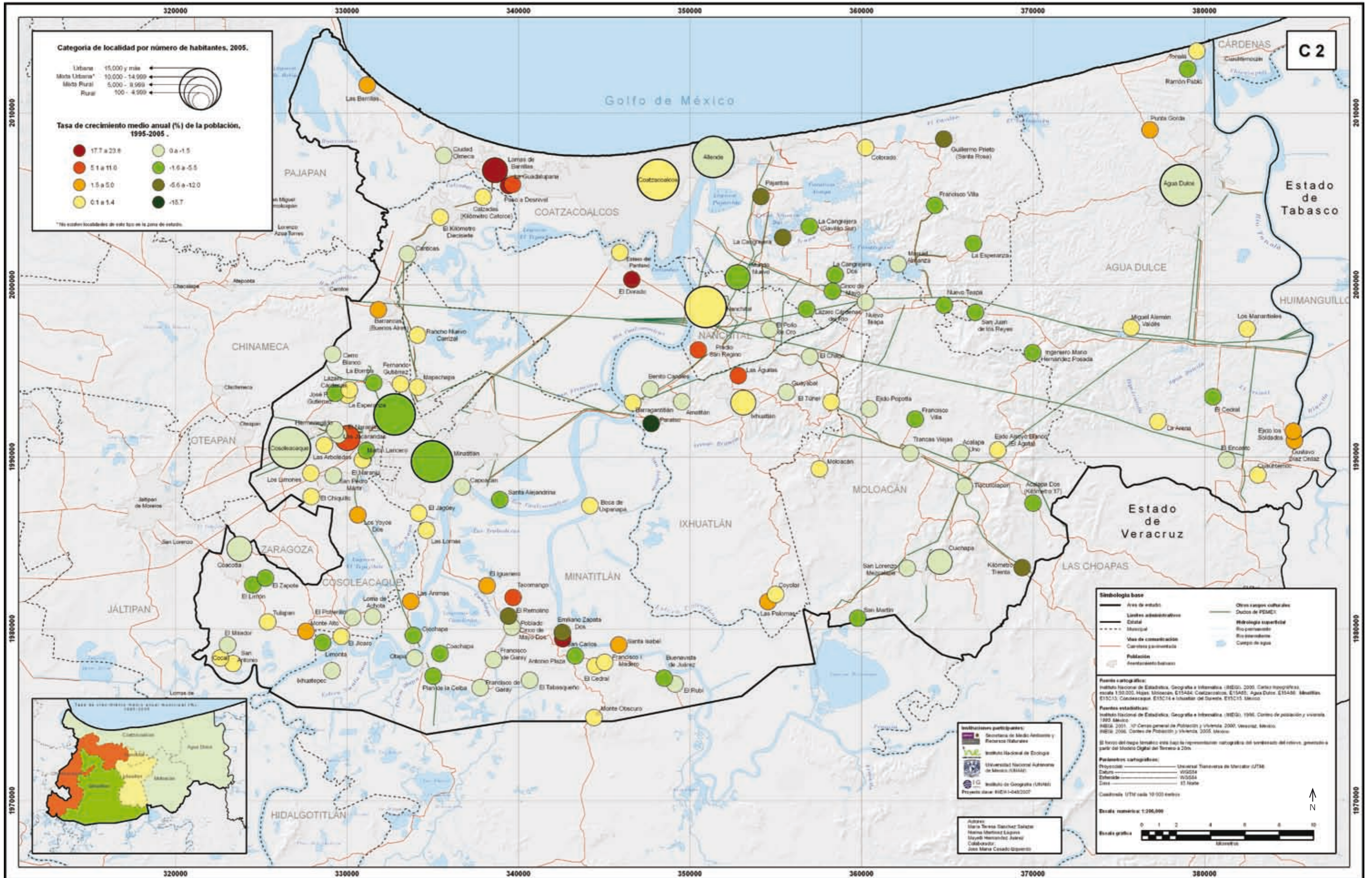
FIGURA C.2.2. TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL POR MUNICIPIO ENTRE 1970 Y 2005.



Nota: 1970, Tasa conjunta de Coatzacoalcos y Agua Dulce
1970, Tasa conjunta de Ixhuatlán del Sureste y Nanchital de Lázaro Cárdenas
1970-2005, La tasa sería más alta, dado que algunas localidades pertenecientes a Minatitlán en 1970 pertenecen a Uxpanapa en 2005.

Fuente: SIC, 1971; INEGI, 1981, 1996, 2001 y 2006.

Distribución de la población y tasa de crecimiento medio anual por localidad



el tramo Acayucan-Minatitlán) motivaron también el incremento en el número de sus habitantes.

En la evolución demográfica del área de estudio durante el periodo 1995-2005, surgieron otras localidades que en poco tiempo se convirtieron en importantes centros de concentración poblacional; tal es el caso de Moloacán que en 1970 alojó a 8768 habitantes y en 2005 duplicó su población a 15 883 personas (figuras C.2.1. y C.2.2.). Sin embargo, cabe aclarar que el decrecimiento que se observa en las tasas municipales a partir de 1990 es consecuencia de la desagregación municipal ocurrida a partir de 1988 (figura C.2.2.).

Como resultado del proceso de industrialización y del crecimiento demográfico ya señalados, la región estudiada presenta una serie de problemas muy evidentes, entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

Las ciudades crecieron en forma acelerada y sin ninguna planeación, lo que rebasó la capacidad de los gobiernos municipales para orientar dicho crecimiento hacia las áreas más apropiadas, desde el punto de vista de sus características naturales, y para dotarlas de la infraestructura y el equipamiento urbano necesario.

Existen problemas de mala calidad de la vivienda, hacinamiento, desempleo, elevados costos de la vida e insuficiente poder adquisitivo para gran parte de la población. En las ciudades principales la expansión incontrolada de la mancha urbana ha provocado la proliferación de asentamientos humanos irregulares en áreas de riesgo debido al paso de los derechos de vía de PEMEX o debido a la cercanía con instalaciones

industriales peligrosas (por la naturaleza propia de las industrias o por el tipo de desechos que vierten al agua, al suelo o a la atmósfera). Han surgido colonias en ecosistemas vulnerables como los pantanos y humedales próximos al río Coatzacoalcos y sus afluentes, que no sólo ocasionan el deterioro de éstos sino también el riesgo de pérdida de las construcciones ahí asentadas.

En síntesis, el ritmo acelerado del crecimiento demográfico regional (la población de los siete municipios estudiados se triplicó durante el periodo 1970-2005, al pasar de 247 143 a 663 243 habitantes) ha hecho vulnerables tanto a los municipios como a los geosistemas donde se insertan, sobre todo ante las amenazas de tipo industrial.

Los centros urbanos con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) entre -1.5% y cero son tres, Cosoleacaque, Villa de Allende y Agua Dulce; las ciudades con tasa de crecimiento entre 0.1 y 1.4% son Coatzacoalcos y Nanchital. Estas cinco localidades se distribuyen dentro de los geosistemas mixtos y coinciden con la mayoría de las cabeceras municipales a excepción de Minatitlán que posee una TCMA entre -5.1 y -11.0%. La categoría de geosistema mixto es reflejo de una asimilación socioeconómica acelerada y su fragmentación se debe al cambio constante del uso del suelo. Esta categoría se distribuye entre la zona industrial y su periferia; comprende áreas naturales, semitransformadas y transformadas. En los geosistemas mixtos confluyen todo tipo de problemas ambientales, tales como plagas y enfermedades, inundaciones, sequías, incendios forestales y contaminación de suelo,

agua y aire; entre otros (Oropeza y Enríquez, 2003) (figura C.2.2.).

Los geosistemas mixtos rural-urbanos (entre 5000 y 9999 habitantes) comprenden las siguientes cinco localidades: Coacotla (TCMA de -1.5 a 1.4%), El Naranjito (TCMA de 5.1 a 11.0%), Mundo Nuevo (TCMA de -5.0 a -11.0%), Ixhuatlán del Sureste y Cuichapa (TCMA de -1.5 a 1.4% en ambos casos). Todas ellas han sufrido las mayores transformaciones y han perdido su carácter natural.

En los geosistemas rurales con localidades mayores (entre 2500 y 4999 habitantes), se encuentran poblados como San Pedro Mártir, Estero del Pantano y Mapachapa; además existen 91 localidades de entre 100 y 2499 habitantes. Todas ellas se distinguen por su función económica sectorial (actividades primarias principalmente). Muchos de los espacios rurales se encuentran en geosistemas de cultivos anuales e industriales agropecuarios, donde predominan las granjas avícolas que se distribuyen principalmente en el municipio de Agua Dulce. Estas últimas provocan contaminación debido al empleo de agroquímicos y al exceso de nitratos del estiércol de las aves, lo que promueve una acidificación del suelo y malos olores.

Las localidades rurales de los municipios de Cosoleacaque, Nanchital y Minatitlán se encuentran en geosistemas industriales donde se invaden derechos de vía de ductos de PEMEX para construir viviendas, lo cual las convierte en altamente vulnerables a fugas, explosiones, incendios y derrames de petróleo o sus derivados.

REFERENCIAS

- H. Ayuntamiento de Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río, Ver. 1996. *Plan Municipal de Desarrollo*. H. Ayuntamiento Constitucional, 1995-1997. Nanchital, Ver.
- INEGI. 1981. *X Censo General de Población y Vivienda, 1980*. Veracruz. SPP, INEGI, México.
- . 1996. *Conteo de Población y Vivienda, 1995*. INEGI, México.
- . 2001. *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000*. Veracruz. INEGI, México.
- . 2006. *Conteo de Población y Vivienda, 2005*. INEGI, México.
- Martínez, N. 2000. Desarrollo de la industria petroquímica en el Sureste de Veracruz. Impactos territoriales durante el periodo 1970-1977. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México. 292 pp.
- Oropeza, O. y C. Enríquez. 2003. Principales Problemas Ambientales y Riesgos. Clave VI.7, escala 1:1,000,000. En Sánchez M. T. y Oropeza O. (Coordinadoras). *Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec*. Instituto de Geografía, UNAM. México. Versión Digital.
- Sánchez-Salazar, M. T., N. Martínez Laguna, y M. Martínez Galicia. 1999. Industria petroquímica y cambios socioeconómicos regionales en la costa del Golfo de México. El caso del sureste de Veracruz. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. 40: 127-147.
- SIC. 1971. *IX Censo General de Población, 1970*. Veracruz. SIC-DGE, México.

C.3. TOTAL DE INMIGRANTES RECIENTES Y TASA DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL (%) POR LOCALIDAD

María Teresa Sánchez Salazar¹
y Norma Martínez Laguna²

La migración ha constituido, en las etapas más importantes de la evolución histórico-económica regional del sureste de Veracruz, un componente fundamental de la dinámica demográfica por ser un indicador del grado de atracción que ha ejercido la región durante los periodos de auge y recesión económica de la actividad industrial vinculada a PEMEX. En el presente mapa se analiza, con un enfoque retrospectivo reciente (2000-2005), el comportamiento de los desplazamientos poblacionales hacia las localidades de la región bajo estudio, con el fin de examinar las diferencias entre ellas en cuanto al nivel de atracción de inmigrantes; de explorar las posibles causas de esos movimientos y su relación con la vulnerabilidad de los geosistemas en los cuales dichas localidades están asentadas; y de analizar el grado de exposición directa o indirecta de las localidades ante una posible amenaza de derrame de petróleo originado en el sistema regional de oleoductos.

¹Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. mtss@servidor.unam.mx.

²Departamento de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. norma_geo@hotmail.com.

En el contexto de la elaboración del presente mapa, se definen como inmigrantes recientes a los procedentes de otra entidad federativa; los extranjeros de Estados Unidos o a aquellos que tienen un origen geográfico desconocido, y que hayan llegado a la localidad de destino durante el periodo comprendido entre 2000 y 2005. Para la confección de este mapa se seleccionó la información estadística relativa al número de inmigrantes recientes por localidad en la región de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá para los años 2000 y 2005, tanto del XII Censo General de Población y Vivienda 2000, como del II Conteo de Población y Vivienda 2005, ambos elaborados por el INEGI (2001, 2006a). Posteriormente, se calcularon las tasas de crecimiento de inmigrantes recientes para los municipios analizados y las localidades que los conforman, en el periodo señalado. Asimismo, se mencionan algunos datos estadísticos de décadas anteriores referentes al proceso de inmigración, con el objeto de contar con un marco de referencia sobre la relación entre los periodos de auge económico de la industria petrolera y petroquímica regional y la movilidad de la población.

Para la elaboración de este mapa temático se consideraron dos niveles en el manejo y aprehensión de la información. A nivel puntual se presentó la información principal o aquella que refleja el tema prioritario (la distribución de los inmigrantes recientes por localidad y su tasa media de crecimiento anual para el periodo 2000-2005), y a nivel areal se empleó la carta base de tipos de geosistemas (B.8). Esto permitió identificar en cuáles de ellos se ubican las áreas con mayor presión demográfica por el número y la velocidad de crecimiento de los inmigrantes recientes, cómo se distribuyen éstos en relación con los tipos de geosistemas, y cuál es el posible impacto que está generando la población sobre ellos. Por su parte, el análisis de los geosistemas en

relación con la localización de los oleoductos permitió identificar el grado de vulnerabilidad ante posibles derrames de petróleo crudo de las localidades en donde la población presenta un mayor crecimiento social. En el nivel de información puntual, los datos se agruparon en intervalos seleccionados de acuerdo a los valores máximos y mínimos.

Las nuevas y numerosas opciones de empleo que manejó el discurso oficial a partir del decenio de los 1970 atrajeron la atención de la población, en su mayoría rural, y la alentaron a desplazarse del ámbito agropecuario hacia los sectores secundario y terciario directa o indirectamente relacionados con las actividades petroleras de las principales ciudades de la región (Tudela, 1992). De este modo, los centros industriales como Coatzacoalcos y Minatitlán y su área conurbada crecieron aceleradamente por la inmigración. Los recién llegados, caracterizados por ser principalmente mano de obra sin calificar, ocuparon los empleos menos remunerados. Coatzacoalcos recibió 36 560 inmigrantes en 1970 y 63 846 en 1980, los cuales representaron 33.4 y 34% de su población total, respectivamente. Por su parte, en Minatitlán los inmigrantes constituyeron 18 y 22.4% de su población total para esos años (SIC, 1971; INEGI, 1981). Si bien no se disponen de datos oficiales sobre el origen geográfico de estos flujos, investigaciones realizadas por Nolasco (1979) e Yves-Marshall (1985) mostraron que se trató de una migración regional procedente de varios municipios rurales del estado de Veracruz, como Jesús Carranza, San Juan Evangelista, Acayucan, Catemaco y Tesechoacán. Dichos inmigrantes buscaban un empleo o subempleo urbano que ofreciera mejores salarios. A nivel estatal, Oaxaca y Chiapas por su proximidad, y Tabasco, por su similitud productiva, proporcionaron fuertes flujos migratorios (Martínez, 2000).

En los años 1990 aparecen como receptores de migrantes los municipios de Nanchital, con 4%, y Las Choapas (que mostró un despunte en el sector agropecuario) con 12% del total regional. Sin embargo,

esto ocurre luego de la crisis económica de los años 1980 y durante el decenio de la reestructuración de PEMEX y de sus cuatro complejos petroquímicos asentados en la región; de la privatización de las cuatro plantas de Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX); del cierre de las empresas azufreras, y del incremento del desempleo regional (Sánchez-Salazar *et al.*, 1999).

La población que ha inmigrado más recientemente a la región sureste de Veracruz continúa en la búsqueda de oportunidades de empleo en los sectores secundario y terciario, principalmente en empresas privadas, con la idea de que los salarios que se ofrecen son más altos; no obstante, la especialización y calificación de la mano de obra es el factor que determina los montos de éstos, de manera que la mayor parte de los inmigrantes tienen que ser absorbidos por la economía informal ante la ausencia de calificación laboral. En este sentido, los geosistemas tecnógenos industriales o urbanos y los mixtos son los que continúan constituyendo polos de atracción para la población inmigrante, a pesar de los graves problemas económicos que afrontan, los cuales rebasan las políticas de planeación municipales.

A nivel municipal, en el periodo 2000-2005 se aprecia que las tasas de crecimiento de inmigrantes recientes se mantienen más bien en niveles bajos y muy bajos (ver mapa de tasa de inmigrantes por municipio en el recuadro del mapa C3) como consecuencia de las razones señaladas en los dos párrafos anteriores. En términos generales esta región no se ha caracterizado por ser económicamente atractiva en el marco de la globalización, aunque, como se aprecia en el mapa C.3, los núcleos de atracción migratoria están muy claramente identificados.

El presente mapa permite observar que durante el periodo 2000-2005 se registraron 16 172 inmigrantes a nivel regional, particularmente en Coatzacoalcos donde se encuentran 7841 casos, y una tasa de crecimiento general de 3.4%, debido a su función industrial petroquímica y portuaria. Minatitlán, aunque sus inmigrantes crecieron a una tasa media superior a

20%, recibió a 3257 inmigrantes, cuyo número creció a una tasa media superior al 10%. La zona conurbada del sur de Coatzacoalcos, aunque la tasa general de crecimiento de la ciudad fue de 2.4%, recibió más de 1100 inmigrantes, los cuales se ubicaron prácticamente en el geosistema de planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre, pese a que esta zona no es apropiada para el emplazamiento de viviendas. Agua Dulce, que es una localidad obrera en donde se asientan en su mayoría trabajadores de PEMEX del área de exploración y producción, recibió también más de 1100 inmigrantes y tuvo una tasa de crecimiento superior al 10%, en virtud de la puesta en operación en los últimos años de los nuevos campos petroleros de aguas someras frente a las costas del sureste de Veracruz.

Por su parte, las localidades de Cosoleacaque, Nanchital, Mundo Nuevo, Allende, Ixhuatlán del Sureste, Cuichapa, y algunas otras (que ya se han conurbado con Coatzacoalcos por el oeste) han recibido, en cada una de ellas, entre 100 y 525 inmigrantes recientes, y sus tasas de crecimiento medio varían entre 5 y 9.9% para el periodo 2000-2005. Esta situación se ha presentado en dichas localidades como resultado de sus funciones industriales y de servicios en apoyo a las mayores ciudades petroleras de la región, Coatzacoalcos y Minatitlán (INEGI, 2006b). Estas localidades se distribuyen en los siguientes geosistemas: dentro de los geosistemas urbano-rurales con actividades industriales y de servicios se ubican Allende, Mundo Nuevo, Nanchital y Calzadas; en las selvas alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria y pastizales cultivados se localiza Cuichapa, cuya orientación económica es más bien agropecuaria, y en los pastizales cultivados e inducidos se sitúa San Pedro Mártir, con vocación ganadera.

En estos mismos tres geosistemas se encuentran las localidades comprendidas en la categoría de número de inmigrantes de entre 50 y 99 y con tasa media de crecimiento entre 2.5 y 4.9%, las cuales son: Los Manantiales en Agua Dulce; Mapachapa en Minatitlán y El Naranjito y los Encinos en Cosoleacaque.

Las localidades con una afluencia menor de 50 inmigrantes y una tasa de crecimiento de 0.4 a 2.4% coinciden con los geosistemas rurales dedicados a las actividades agrícolas; con las selvas alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria y con los pastizales cultivados e inducidos; así como con las planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres. Tal es el caso de Las Lomas, Francisco de Garay y Capoacán en Minatitlán,

En síntesis, los geosistemas en donde se aprecia un mayor crecimiento de la población (entre 2000 y 2005), debido al flujo de inmigrantes recientes, están ya muy antropizados, pues se trata de zonas industriales petroleras y petroquímicas, áreas urbanas o en proceso de conurbación y geosistemas mixtos. Es precisamente en estas zonas (áreas en proceso de conurbación y geosistemas mixtos) en las que el número de inmigrantes y su tasa de crecimiento alcanzan niveles medios, y donde el riesgo de impacto ambiental real y potencial es mayor, ya que se ubican en zonas de transición hacia geosistemas de selva alta o mediana perennifolia con vegetación secundaria, planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres en el valle del río Coatzacoalcos y geosistemas agrarios de cultivos permanentes. Por su parte, las demás localidades de la región, pese a su gran número, presentan un crecimiento muy lento por efecto del proceso de inmigración, por lo que los geosistemas en que se emplazan (agrarios de cultivos permanentes y planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres del sur y oriente de la región) son los menos vulnerables a ser impactados por dicho proceso.

A pesar de lo anterior, la vulnerabilidad de las localidades ante posibles amenazas por derrame de petróleo crudo a partir de oleoductos es variable, pues dichos ductos cruzan tanto grandes concentraciones de población (Minatitlán y su área conurbada, Nanchital y Mundo Nuevo, Agua Dulce y Allende) como localidades rurales dispersas, cuya ubicación, sobre todo en la mitad oriente y en los extremos oeste y noroeste del área en estudio, está muy asociada a las rutas que sigue la red

regional de ductos, que en muchos casos es la misma que mantienen algunos de los principales caminos y vías férreas que atraviesan el territorio.

REFERENCIAS

- INEGI. 1981. *X Censo General de Población y Vivienda, 1980. Veracruz*. INEGI, México.
- . 2001. *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Veracruz*. INEGI, México.
- . 2006a. *Conteo de Población y Vivienda, 2005*. INEGI, México.
- . 2006b. *Resultados por localidad 2005 (ITER)*. Aguascalientes, México.
- Martínez, N. 2000. Desarrollo de la industria petroquímica en el Sureste de Veracruz. Impactos territoriales durante el periodo 1970-1977. Facultad de Filosofía y Letras. División de Estudios de Posgrado. Tesis de Doctorado. UNAM, México. 292 pp.

Nolasco, M. 1979. *Ciudades perdidas en Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque*. Centro de Ecodesarrollo. México. 128 pp.

Sánchez-Salazar, M. T., N. Martínez Laguna, y M. Martínez Galicia. 1999. Industria petroquímica y cambios socioeconómicos regionales en la costa del Golfo de México. El caso del sureste de Veracruz. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. 40: 127-147.

SIC. 1971. *IX Censo General de Población, 1970. Veracruz*. SIC-DGE, México.

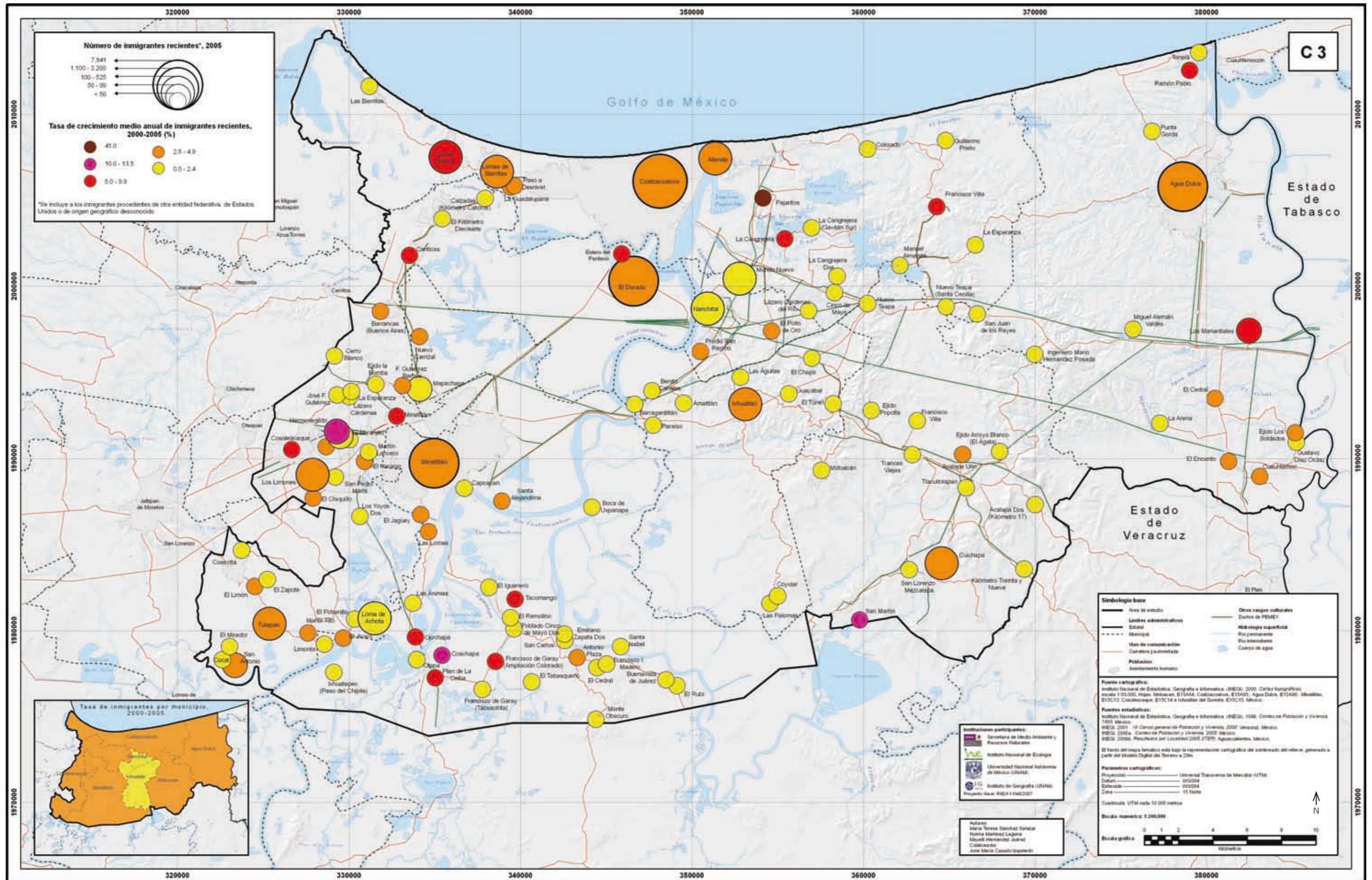
Tudela, F. 1992. *La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco*. El Colegio de México-CINVESTAV-IFIAS-UNRISD. México. 478 pp.

Yves-Marshall, J. y R. Palma. 1985. *Análisis geográfico de un espacio regional: Veracruz*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos/Institut Français de Recherches Scientifiques pour le Développement en Cooperation. Xalapa, Veracruz, México.



Viviendas con riesgo de inundación, localizada a un costado del parque La Alameda (cortesía de Mayelli Hernández)

Total de inmigrantes recientes y tasa de crecimiento medio anual (%) por localidad



C.4. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA) SEGÚN SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA POR LOCALIDAD

María Teresa Sánchez Salazar¹ y Norma Martínez Laguna²

El gran impulso económico ocasionado por la intensificación de las actividades petroleras en la región sureste de Veracruz, a partir del decenio de los 1970, implicó la reorganización de la estructura productiva en el área de estudio, en la cual la economía agropecuaria tradicional fue desplazada por un proceso de industrialización y crecimiento del sector terciario, caracterizado por el fortalecimiento de la actividad constructiva, la ampliación del sector servicios y la expansión y el predominio de la industria extractiva, refinadora y petroquímica básica desarrollada por PEMEX y por la industria petroquímica privada vinculada a dicha paraestatal a través de la continuidad de sus cadenas de producción. Por su parte, la agricultura en esta zona fue perdiendo importancia en el contexto de la economía regional, en favor de la ganadería y las actividades urbanas (Legorreta, 1987), lo cual constituye la manifestación fundamental de un proceso en el que un sector destacado de la población rural se desvinculó del ámbito económico agropecuario, sin abandonar físicamente el medio rural (Tudela, 1992).

¹Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. mtss@servidor.unam.mx.

²Departamento de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. norma_geo@hotmail.com.

resultan más claramente perceptibles cuando se analizan al interior de cada municipio, localidad y geosistema. Por consiguiente, el presente mapa acerca al lector al conocimiento de la relación población-economía de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, pues el comportamiento del empleo ha estado sujeto a las vicisitudes de la industria, en el marco de las políticas económicas del gobierno federal y para el año 2000 muestra una singular estructura.

La dinámica de la evolución de las estructuras industriales explica los impactos que genera esta actividad sobre los restantes componentes del sistema territorial, entre ellos el natural. En virtud de que los procesos económico-sociales y sus efectos espaciales tienen un periodo de maduración, el presente análisis consideró el periodo que se inicia con el auge petrolero de los años 1970 hasta el momento actual, que es el que queda representado en este mapa para facilitar una mejor comprensión de dichos procesos. Los aspectos tratados se abordan mediante el análisis de los datos estadísticos y censales disponibles oficialmente para el periodo 1970-2005.

Para la elaboración del mapa temático se consideraron dos niveles en el manejo y aprehensión de la información. A nivel puntual se representó la información principal que es la estructura económica regional caracterizada a partir de la PEA total por localidad, diferenciada según los sectores de actividad primario, secundario y terciario para el año 2000. A nivel areal, la información anterior

Sin duda, la acelerada expansión petrolera fue el principal motor de los cambios que experimentó la economía regional, aún cuando su influencia haya sido indirecta; no obstante, estas transformaciones y su expresión territorial

se vinculó con los geosistemas en donde se desarrollan las distintas actividades económicas, con el fin de establecer una relación entre el sector de actividad de los trabajadores y la vulnerabilidad de los geosistemas y, en sentido opuesto, una posible correspondencia entre el nivel socioeconómico de la población, a partir del sector económico en que laboran los trabajadores, y el posible grado de afectación de las personas y sus bienes en el caso de un derrame a partir de un oleoducto.

En 1970 la industria petrolera se destacó como la actividad regional más importante al concentrar 70% de la PEA ocupada en los municipios de Ixhuatlán del Sureste, Moloacán y Las Choapas, debido a la extracción de petróleo y gas. Del mismo modo, las localidades urbanas de Coatzacoalcos y Minatitlán absorbieron respectivamente el 42.2 y 51.4% de la PEA dedicada a la industria, como resultado del funcionamiento de la refinería, de los dos complejos petroquímicos de PEMEX existentes hasta ese momento y de la industria de los fertilizantes (SIC, 1971).

La expansión de esta industria incidió de manera indirecta en la demanda de empleo a través del estímulo a las inversiones en otras actividades como la construcción, el comercio y los servicios. En este sentido, se creó un número limitado de empleos permanentes y se estimularon los empleos transitorios. Sin embargo, la oferta de empleos no fue suficiente para satisfacer la demanda existente, por lo que se elevaron las tasas de desocupación y subocupación, lo que se tradujo en problemas de incremento de la "población flotante" y de la marginalidad urbana típicos de las ciudades petroleras (Nolasco, 1979).

La crisis económica de principios de los años 1980 motivada por la caída de los precios internacionales del petróleo y la enorme deuda externa acumulada en el país, trajo como consecuencia la reducción de las inversiones de PEMEX a nivel regional y la cancelación de proyectos en curso, con la consiguiente pérdida de empleos. Este fenómeno arrastró también a las empresas privadas vinculadas productivamente a la paraestatal, en

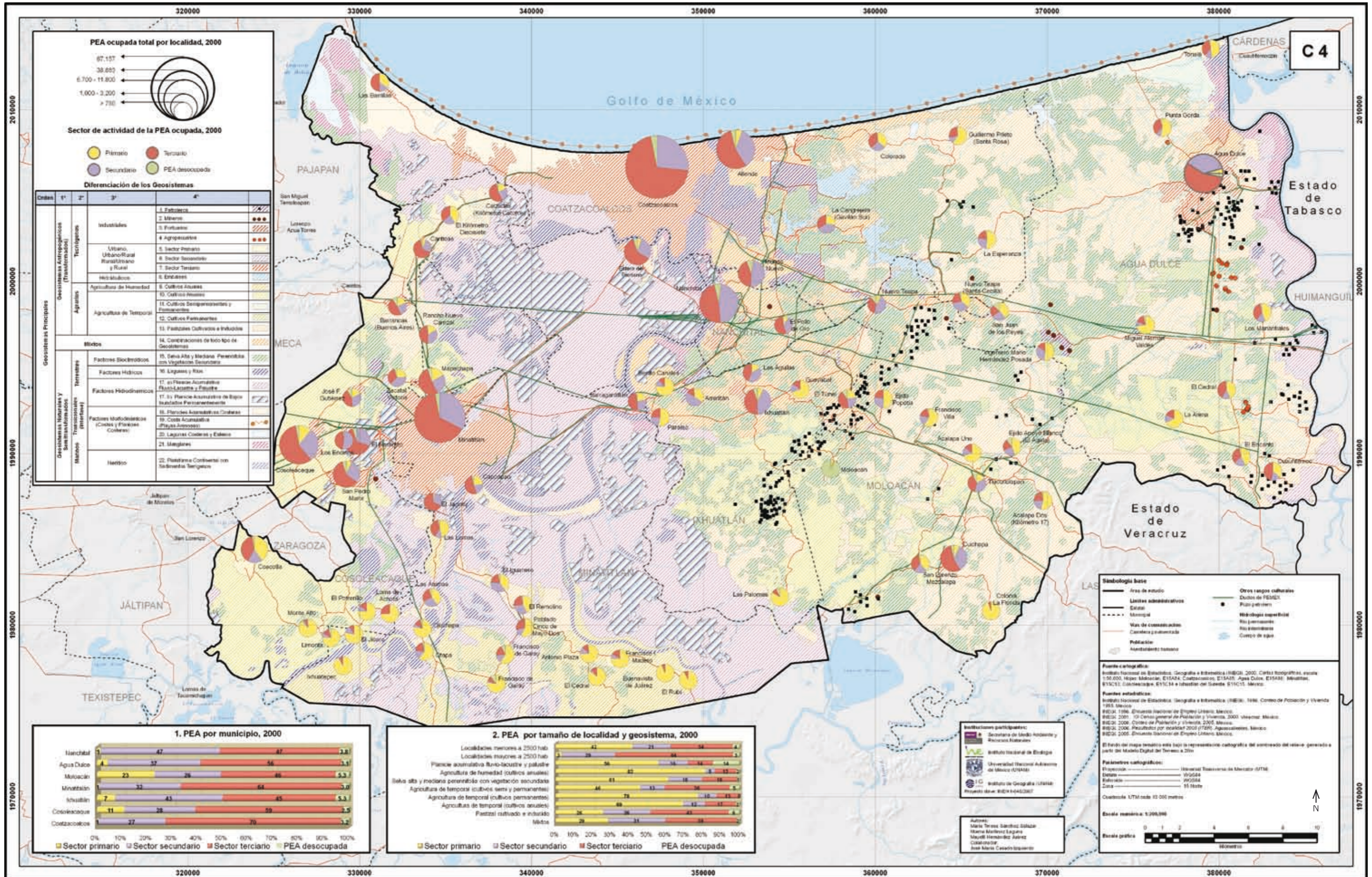
particular en el caso de Coatzacoalcos e Ixhuatlán del Sureste el descenso del empleo fue de 50% en promedio entre 1980 y 1990. Más aún, el hecho de que PEMEX haya sido la empresa estructuradora de la economía industrial regional y la pieza clave en su crecimiento económico, restringió la diversificación productiva y el surgimiento de alternativas de empleo en otros sectores económicos. La petroquímica privada tampoco fomentó el establecimiento de nuevas industrias que al consumir sus materias primas integraran nuevas cadenas productivas en la propia región.

La reestructuración de PEMEX, decretada en su Ley Orgánica de 1992, modificó las relaciones obrero-patronales conforme a las nuevas reglas impuestas por la política neoliberal adoptada por el gobierno federal, lo que motivó la reducción de la plantilla laboral de sus unidades productivas. Un fenómeno similar ocurrió con otras empresas públicas de la región, como resultado de la privatización o el cierre de sus instalaciones. Tal fue el caso de los cuatro complejos de FERTIMEX y de las empresas azufreras regionales, lo que convirtió al sureste de Veracruz en uno de los principales focos de desempleo nacional. La tasa de desempleo abierto en el área urbana de Coatzacoalcos en 1995 fue de 7.9% (mayor a la nacional de 6.3%) (INEGI, 1996; Sánchez-Salazar, *et al.*, 1999; Martínez, 2000).

Con base en estos antecedentes, en este mapa se representa la estructura del empleo regional por localidad en 2000, a partir de los datos contenidos en el XII Censo de Población y Vivienda del INEGI (2001), dado que el II Censo de Población y Vivienda de 2005 no maneja datos referentes a la PEA.

El mapa muestra claramente la concentración de la PEA total en los siguientes puntos: las localidades del occidente y del norte de la región de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, ubicadas a lo largo del corredor Cosoleacaque-Minatitlán, Coatzacoalcos-Allende-Nanchital e Ixhuatlán del Sureste (dentro de los geosistemas tecnógeno-industriales (petroleros) y mixtos) y en las localidades alrededor de núcleos

Población económicamente activa (PEA) según sector de actividad económica por localidad



como Agua Dulce y Cuichapa, situados en geosistemas agrarios. En todas ellas, destaca notablemente el sector terciario como el principal (más del 50% de la PEA total), seguido por el secundario (entre el 25 y el 40%). No obstante, las localidades de Nanchital, Mundo Nuevo, Ixhuatlán del Sureste, Agua Dulce y Cuichapa son excepciones a dicho patrón, ya que en ellas la industria petrolera mantiene una alta proporción dentro de la estructura ocupacional (40-50%) por tratarse de localidades eminentemente obreras o, como en el caso de las dos últimas, dedicadas a la extracción de petróleo crudo. Por el peso específico que representa la industria petrolera en la estructura económica de todas estas localidades, se puede inferir que los geosistemas que ocupan son los más susceptibles a ser afectados negativamente por dicha industria.

En el resto de la región (ribera del Coatzacoalcos), la PEA se encuentra ampliamente dispersa entre un gran número de pequeñas localidades, cuya estructura ocupacional se orienta fundamentalmente a las actividades primarias (agropecuarias) y están situadas en geosistemas agrarios y naturales de lagunas y ríos, de planicies acumulativas lacustres y palustres, y de selvas altas y medianas perennifolias con vegetación secundaria. Si bien se trata de geosistemas más frágiles desde el punto de vista ambiental, los efectos nocivos de las actividades agropecuarias que sostienen se reducen debido al menor número de trabajadores y a su dispersión territorial.

A nivel municipal (ver gráfica de PEA por municipio en el recuadro 1 del mapa C.4), Coatzacoalcos, con más de 87 000 habitantes considerados económicamente activos, concentra 70% de la PEA en el sector terciario y 27% en el secundario; en Minatitlán 64% de sus trabajadores pertenecen al sector terciario y 32% al secundario; en Cosoleacaque 28% se dedican a la industria, 59% a los servicios y 11% a las actividades primarias; en Agua Dulce predomina la PEA terciaria (56%), aunque con una importante participación en el sector secundario (37%); y en Nanchital la PEA

presenta una estructura equilibrada entre sus sectores secundario y terciario (47% en ambos casos). En contraste, las proporciones más altas de PEA primaria corresponden a los municipios de Moloacán (23% de su PEA total), Cosoleacaque e Ixhuatlán del Sureste (11 y 7%, respectivamente), en tanto que los de Agua Dulce, Nanchital y Minatitlán poseen las proporciones relativas de PEA primaria más reducidas (4% en el primer caso y 1% en el segundo y tercer casos). A excepción de estos dos últimos municipios, los demás se ubican principalmente en geosistemas agrarios e industriales agropecuarios, como se aprecia en el mapa C.4. Por ejemplo, Agua Dulce se caracteriza por el dominio de granjas avícolas de reducida extensión pero con elevada generación de contaminación por agroquímicos y exceso de nitratos del estiércol de las aves que producen acidificación del suelo y malos olores. El número de estas granjas se ha incrementado en los últimos años. Asimismo, en toda la mitad oriente de la región destacan los geosistemas agrícolas de temporal con cultivos permanentes, los cuales incluyen plantaciones forestales e industriales de eucalipto, hule y palma de coco africana. Las plantaciones de eucalipto se encuentran próximas a los caminos pavimentados, como ocurre en el municipio de Agua Dulce (INE-IMP, 1997; García *et al.*, 2005).

En los geosistemas urbanos y mixtos se concentra la problemática ambiental relacionada con la contaminación del aire, el agua y el suelo. La contaminación del agua se deriva de las descargas de aguas residuales municipales o domésticas, industriales y pluviales. En la zona industrial de Coatzacoalcos, la industria petrolera ocupa el primer lugar como fuente de estas descargas (53.98%), seguida de la industria química y extractiva (34.55%) y de la población en tercer lugar (11.47%) (INE-IMP, 1997). Del mismo modo, estas actividades constituyen una amenaza debido al manejo de sustancias peligrosas, y a las fugas y derrames que suelen suceder por errores humanos y por el insuficiente mantenimiento de los ductos empleados como principal medio de transporte

de los hidrocarburos y sus derivados.

Las localidades de Coacotla, El Naranjito, Mundo Nuevo, Ixhuatlán del Sureste y Cuichapa (ubicadas en geosistemas mixtos, urbano-rurales y agrarios) han seguido el modelo de los principales centros urbanos, con un decremento del sector secundario que va de 50% en Mundo Nuevo a un 40% en las cuatro localidades restantes. El sector primario representa 45% de la PEA en Coacotla y se reduce a 10% en Cuichapa (municipio de Moloacán), aún cuando se localiza en geosistemas agrícolas de temporal de cultivos anuales.

Los geosistemas rural-urbanos donde se emplazan las localidades de San Pedro Mártir, Estero del Pantano (ambos en Cosoleacaque) y Mapachapa (Minatitlán) se encuentran próximos a los principales complejos industriales, por lo que predomina la PEA terciaria y secundaria (60% y 30%, respectivamente) y presentan una susceptibilidad alta a ser afectados negativamente por la industria petrolera.

Los geosistemas rurales incluyen 91 localidades, 26 de las cuales desarrollan actividades terciarias, entre las que destacan el comercio, los servicios, el transporte y la administración pública. Algunas localidades pequeñas, como Las Barrillas, al este de la laguna Ostión, se

dedican al turismo de carácter local; ocho localidades realizan actividades secundarias, como la construcción y la extracción de petróleo y gas; y 71 localidades rurales llevan a cabo actividades primarias (agricultura y ganadería, pesca y forestales) (Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, 2005). De los geosistemas rurales, los menos vulnerables son aquellos en los que se desarrollan actividades primarias y terciarias.



Habitantes de Moloacán (cortesía de Mayelli Hernández)

Los geosistemas de agricultura de temporal con cultivos anuales y los de selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria tienen una amplia distribución en el sureste de Veracruz. Para su correcto funcionamiento es indispensable la presencia de energía solar, de variedad en los cultivos y de adecuadas condiciones ambientales, del suelo y culturales, por ello se consideran de una vulnerabilidad global moderada y alta (Oropeza y Enríquez, 2003). De los cultivos de temporal anuales, la producción de granos como maíz, arroz, sorgo y frijol es la más importante.

Las localidades rurales alejadas de los grandes centros urbano-industriales, al suroeste y oeste de la región, presentan proporciones elevadas de su PEA ocupada en el sector primario. Por ejemplo, Ixhuatepec, Monte Alto, Buena Vista de Juárez, Colonia La Florida, entre otras, presentan un 90%; Miguel Alemán Valdés un 75% y El Encanto 45%. Dichas localidades rurales se distribuyen en los geosistemas más representativos del área identificados por factores bioclimáticos y que corresponden a las selvas altas y medianas perennifolias (García et al., 2005). En ellos se incluyen las superficies conservadas, ya sea como selvas primarias o secundarias o como pequeños núcleos de selvas inundables y de vegetación secundaria cuya distribución más amplia se localiza entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.

Los geosistemas de selvas, aunque representan las superficies naturales mejor conservadas de la zona de estudio, presentan diferentes grados de deterioro ambiental debido a factores naturales y humanos. Por

su estado de conservación se consideran de los más amenazados, ya que a costa de ellos se están ampliando las fronteras agrícolas, pecuarias, industriales, urbanas y turísticas. Entre los peligros más frecuentes que enfrentan se encuentran la tala inmoderada, los incendios forestales naturales y provocados por el hombre (accidental o intencionalmente) y la extracción de flora y fauna, además de la cacería furtiva. Por lo anterior, su grado de vulnerabilidad global es considerado muy alto (Oropeza y Enríquez, 2003 y 2003a).

La gráfica de PEA por tamaño de localidad y geosistema (2000), en el recuadro 2. del mapa C.4, sintetiza el sector de actividad económica predominante en las localidades según su tamaño y en relación con los distintos tipos de geosistemas. En el primer caso, se aprecia que, a menor tamaño de las localidades, predominan las actividades primarias y terciarias, las cuales tienden a ser menos agresivas sobre los geosistemas que las sustentan. Por el contrario, en general en los geosistemas que sustentan a las localidades de mayor tamaño se presenta el mayor deterioro, pues en ellas se concentran las actividades del sector secundario y, por consiguiente, los efectos ambientalmente más intensos.

Finalmente, la población potencialmente más vulnerable ante un posible derrame de petróleo a partir del sistema regional de oleoductos sería la que se dedica a las actividades industriales y terciarias urbanas, en el oeste y centro de la región estudiada por su proximidad a dicho sistema, si bien podría inferirse que se trata de la población con el mejor

nivel socioeconómico y capacidad de respuesta ante un problema. Por su parte, la población que se dedica principalmente a la extracción de hidrocarburos y a las actividades primarias en el este y sureste de la región en estudio y que está asentada a lo largo de la trayectoria de la red de oleoductos también presenta una alta vulnerabilidad, pero en este caso, su situación socioeconómica sería menos favorable por tratarse de localidades predominantemente rurales.

REFERENCIAS

- García A., Oropeza O. y Galicia L. 2005. Land-use systems and resilience of tropical rainforest in the Tehuantepec Isthmus, México. En *Environmental Management*. 34(6): 768-785.
- Gobierno del Estado de Veracruz-Llave 2005. *Actualización del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Coatzacoalcos-Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río-Ixhualtán del Sureste*. Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, Xalapa, Ver. 531 pp.
- Instituto Nacional de Ecología-Instituto Mexicano del Petróleo. 1997. *Proyecto de ordenamiento ecológico de la cuenca baja del río Coatzacoalcos. (Informe Técnico)*. INE-IMP. México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1996. *Encuesta Nacional de Empleo Urbano*. México.
- . 2001. *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000*. Veracruz. México.

- Legorreta, J. 1987. La urbanización periférica en ciudades petroleras de México. *Revista Interamericana de Planificación*. XXI(81): 86-99.
- Martínez, N. 2000. Desarrollo de la industria petroquímica en el Sureste de Veracruz. Impactos territoriales durante el periodo 1970-1977. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México. 292 pp.
- Nolasco, M. 1979. *Ciudades perdidas en Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque*. Centro de Ecodesarrollo. México. 128 pp.
- Oropeza, O. y C. Enríquez. 2003. Principales Problemas Ambientales y Riesgos. Clave VI.7, escala 1:1,000,000. En Sánchez M. T. y Oropeza O. (Coordinadoras). *Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec*. Instituto de Geografía, UNAM. México. Versión Digital.
- . 2003a. "Principales Problemas Ambientales y Riesgos". Clave VI.7, escala 1:1,000,000. En Sánchez M. T. y Oropeza O. (Coordinadoras). *Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec*. Instituto de Geografía, UNAM. México. Versión Digital.
- Sánchez-Salazar, M. T., N. Martínez Laguna, y M. Martínez Galicia. 1999. Industria petroquímica y cambios socioeconómicos regionales en la costa del Golfo de México. El caso del sureste de Veracruz. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. 40: 127-147.
- SIC. 1971. *VIII Censo General de Población y Vivienda, 1970*. Veracruz. SIG-DGE, México.
- Tudela, F. 1992. *La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco*. El Colegio de México-CINVESTAV-IFIAS-UNRISD. México. 478 pp.

C.5. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y GRADO DE MARGINACIÓN POR LOCALIDAD

María Teresa Sánchez Salazar¹ y Norma Martínez Laguna²

A partir del auge petrolero de los años 1970 y principios de los 1980, el incremento demográfico en la región sureste de Veracruz se reflejó en un proceso de urbanización acelerado que se concretó primeramente en las principales ciudades que son las que concentran la mayor cantidad y diversidad de servicios y, posteriormente, éstas continuaron su expansión hacia territorios adyacentes, que en la mayoría de las ocasiones no tenían las características físicas adecuadas para un desarrollo urbano óptimo.

Este crecimiento urbano desordenado se vio rebasado por la incapacidad de los gobiernos municipales para atender adecuadamente a la población con la dotación de servicios apropiados y suficientes, y para reglamentar y regular los tamaños de los terrenos, usos del suelo y especificaciones de construcción y obras sanitarias, lo cual tuvo como consecuencia los altos costos de las obras de urbanización y el aumento del valor de la tierra, mismos que no eran compatibles con los escasos recursos

¹Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. mtss@servidor.unam.mx.

²Departamento de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. norma_geo@hotmail.com.

económicos de la población y de los ayuntamientos. A esta situación se sumó la proliferación clandestina de asentamientos espontáneos irregulares surgidos como resultado de invasiones en áreas inundables o

con pendientes elevadas, en zonas de dunas costeras o terrenos próximos a torres y líneas de alta tensión de la Comisión Federal de Electricidad, a los complejos petroquímicos y a los derechos de vía de ductos. Todas estas áreas carecían evidentemente de los servicios públicos más elementales y su costo de introducción resultó ser muy alto (Sánchez-Salazar, *et al.*, 1999; Martínez, 2000).

La confluencia de los procesos naturales, sociales y económicos que trajo consigo la actividad petrolera en el área modelaron una situación de marginación, caracterizada por una precaria estructura de oportunidades sociales para los ciudadanos, sus familias y comunidades, que los expuso a privaciones, riesgos y vulnerabilidad social que a menudo escapan del control personal, familiar y comunitario y cuya reversión requiere de la participación activa de los agentes públicos, privados y sociales (CONAPO, 2005).

“El índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar... [unidades territoriales de diferentes escalas]... según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas” (CONAPO, 2005). El índice de marginación elaborado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) sintetiza un conjunto de condiciones demográficas,

sociales y económicas de la población a nivel municipal, por localidad y por Área Geoestadística Básica (AGEB) y permite dar un seguimiento al fenómeno, pues se calcula cada cinco años. Para su cálculo, el CONAPO utiliza como referencia nueve indicadores sociodemográficos.

El análisis del índice de marginación es insoslayable en áreas como la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, debido a que refleja la huella que el desarrollo urbano-industrial acelerado y carente de planeación conformó en un territorio determinado. Este índice es el resultado de la complejidad de las interacciones entre la sociedad y su espacio. En el contexto del presente atlas, es relevante conocer los índices de marginación (o grados de marginación, si se traducen los valores numéricos en niveles de calificación de la marginación) porque están estrechamente vinculados a los grados de vulnerabilidad ante situaciones de riesgo natural o antropogénico de la población, sus pertenencias o sus actividades económicas. Si se asume que a mejor condición socioeconómica de la población menor vulnerabilidad ante un peligro o amenaza y mayor capacidad de respuesta, entonces el índice de marginación puede convertirse en un buen indicador de vulnerabilidad socioeconómica de la población ante las situaciones de riesgos industriales, específicamente los derrames de petróleo crudo a partir de ductos. De ahí que se haya incluido en este atlas el presente mapa sobre grado de marginación por localidad.

Para la elaboración de este mapa se utilizaron los índices de marginación por localidad para el año 2005, calculados y publicados por el CONAPO, y la calificación de éstos en cinco grados de marginación.

Para la elaboración del mapa temático se consideraron dos niveles en el manejo y aprehensión de la información. A nivel puntual se representó la información principal (el grado de marginación por localidad para el año 2005) y a nivel areal se utilizó como fondo la carta base de geosistemas, con el fin de identificar las áreas con mayor marginación y examinar

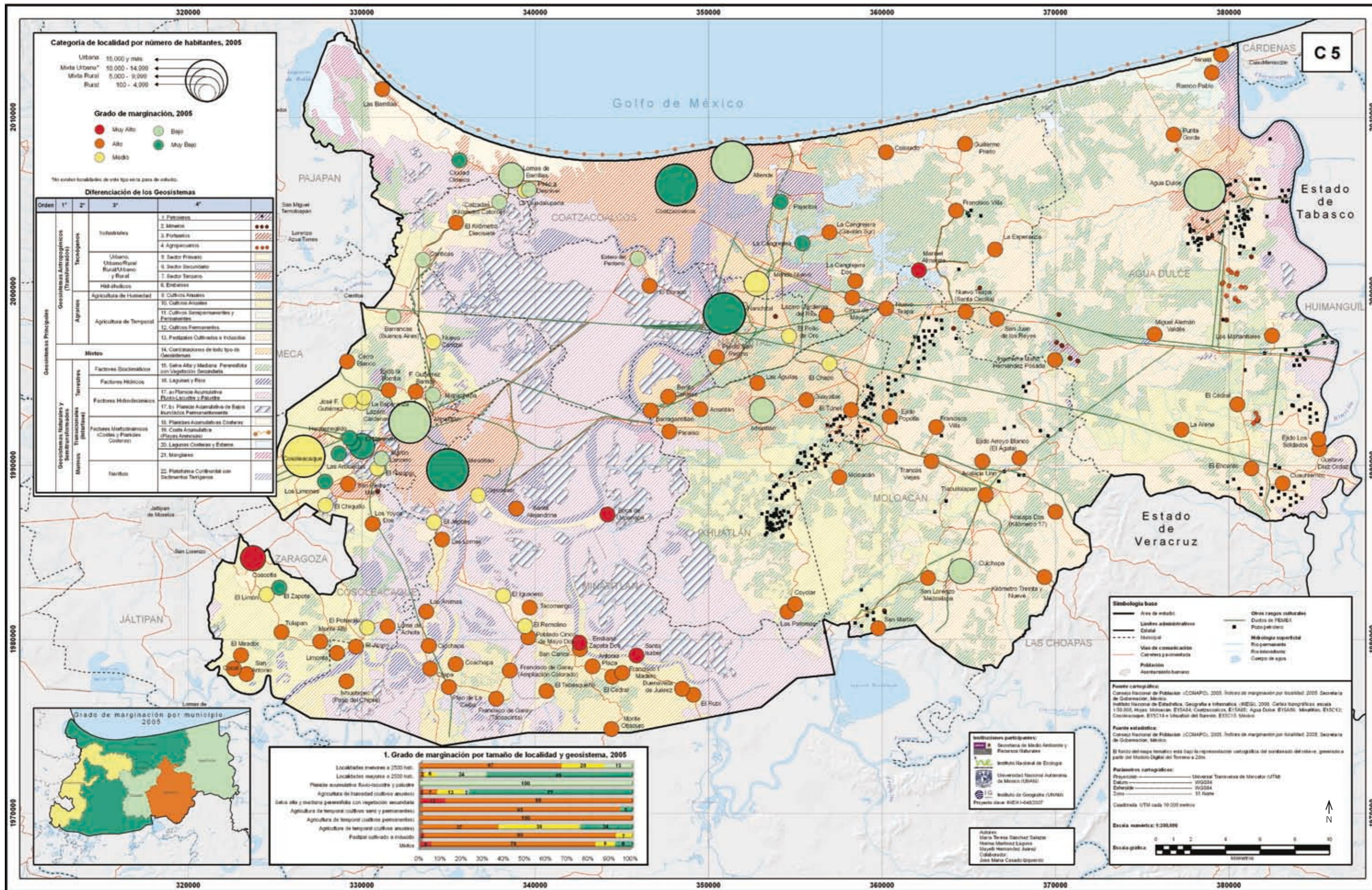
su susceptibilidad ante posibles derrames de petróleo crudo a partir de ductos.

En este mapa se aprecia la relación entre el grado de marginación municipal y el proceso de concentración de la población en localidades urbanas. El grado de marginación muy bajo se presenta en los tres municipios con las mayores concentraciones urbanas, los cuales son Coatzacoalcos, Minatitlán y Nanchital; les siguen los municipios de Agua Dulce e Ixhuatlán del Sureste, que presentan un grado de marginación bajo, cuyas cabeceras municipales entran en las categorías de urbana y mixta-rural, respectivamente; por su parte, el municipio de Cosoleacaque se clasifica como de grado de marginación medio y, finalmente, Moloacán con alto grado de marginación por ser el de carácter más rural del conjunto regional. En la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá no hay municipios con un grado de marginación muy alto, debido a la derrama económica y el impacto social que genera la industria petrolera sobre toda la región.

El mapa de grado de marginación a nivel de localidad permite un análisis más fino de la distribución del fenómeno. El grado de marginación muy bajo coincide con las localidades urbanas de Coatzacoalcos, Minatitlán y Nanchital, cuyos procesos de urbanización han tenido una maduración de al menos 35 años, y que coincide con la industrialización regional y la derrama económica generada en beneficio de la población. Estas ciudades se ubican en geosistemas de carácter mixto o urbano, lo cual indicaría que la población que habita en estas áreas es, desde el punto de vista socioeconómico, la menos vulnerable ante posibles riesgos industriales.

Por su parte, el grado de marginación bajo se presenta en las localidades de Agua Dulce e Ixhuatlán del Sureste, que desarrollan actividades de extracción de petróleo y servicios, así como en las localidades hacia donde se ha expandido el crecimiento urbano de Coatzacoalcos (Allende y las pequeñas localidades hacia el poniente de la mancha urbana, sobre la antigua carretera a Minatitlán). Éstas se ubican en geosistemas

Distribución de la población y grado de marginación por localidad



mixtos, agrícolas y de pastizales cultivados e inducidos, en transición por su cercanía a las áreas urbanas.

Por su parte, la localidad de Cosolecaque, situada en un geosistema mixto rodeado por espacios rurales, posee un grado de marginación medio al igual que otras localidades rurales próximas a Cosolecaque emplazadas en geosistemas agrícolas, y algunas otras del municipio de Minatitlán situadas en geosistemas petroleros, de lagunas y ríos y de planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres.

El grado de marginación alto es el más ampliamente distribuido entre las localidades rurales dispersas en el suroeste, centro y oriente de la región. Coincide en su mayor parte con geosistemas agrarios de cultivos anuales y de pastizales cultivados e inducidos y es precisamente en estas áreas en donde se percibe una mayor correspondencia entre la red de oleoductos y la ubicación de las localidades rurales, por lo que podría afirmarse que en estas áreas la población rural y sus actividades económicas tienen una alta vulnerabilidad ante posibles derrames de petróleo crudo desde ductos.

Finalmente, el mapa muestra que son muy escasas las localidades con un grado de marginación muy alto. Éstas se ubican sobre todo hacia el sur y suroeste de la región, coincidiendo con áreas escasamente comunicadas por tierra, en la ribera del río Uxpanapa, y sólo Coacotla, en el municipio de Cosolecaque, tiene grado de localidad mixta rural. Las localidades señaladas, salvo en un sólo caso, están muy alejadas de la red de oleoductos, por lo que pese a su muy alto grado de marginación presentan una muy baja vulnerabilidad ante posibles derrames de petróleo crudo desde ductos.

En síntesis, como se puede observar en la gráfica de grado de marginación por tamaño de localidad y geosistema (2005) del recuadro 1. del mapa C.5, el 69% de la población en localidades mayores a 2500 habitantes presenta un grado de marginación muy bajo y 24% se ubica en el grado bajo, lo cual se explica por los factores demográficos y de empleo industrial asociados a los procesos de urbanización de las mayores localidades. En contraste, el 67% de la población en

localidades menores a 2500 habitantes, dedicadas predominantemente a actividades primarias y con características de urbanización precarias, presentan un grado de marginación alto, 20% se caracterizan por un grado medio y sólo 13% muestran un grado de marginación bajo.

Finalmente, en cuanto a la asociación entre la proporción de población con distintos grados de marginación en los distintos geosistemas, cabe resaltar algunas particularidades. Presentan altos porcentajes de población con grados bajo y muy bajo de marginación las planicies acumulativas fluvio-lacustres, palustres y de dunas costeras. Aunque estas últimas son altamente inestables para la edificación de viviendas y la introducción de servicios, y en sus inicios fueron ocupadas por asentamientos irregulares como consecuencia del estrangulamiento de las áreas urbanas por algunos componentes del medio físico (pantanos, marismas, humedales y el mar), hoy día 100% de la población asentada en ellas presentan un grado de marginación bajo, salvo el caso de las localidades de Las Barrillas y Ciudad Olmeca en Coatzacoalcos, y Tonalá en Agua Dulce, cuyo grado de marginación es alto.

Por su parte, los geosistemas de planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres se localizan en la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, y cubren un área aproximada de 337.56 km² que equivale a 19% con respecto al total del área de estudio. En estas zonas se ha determinado la restricción del crecimiento poblacional debido a su vulnerabilidad (Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, 2005). A pesar de que 77% de sus habitantes exhiben un muy bajo grado de marginación, en ellos se asientan también localidades rurales como Punta Gorda y Cuauhtémoc en el municipio de Agua Dulce; Colorado, Guillermo Prieto y La Esperanza en el de Coatzacoalcos; El Iguanero, Poblado Cinco de Mayo Dos, Antonio Plaza, El Rubí y Buenavista de Juárez en el de Minatitlán; y Benito Canales y Paraíso en el de Nanchital. Todas estas localidades presentan un grado de marginación alto.

Las localidades rurales que se ubican en los geosistemas de agricultura de humedad con cultivos anuales están conformadas por una población total de 1919 habitantes de los cuales 82% se dedica a las actividades primarias. Debido a que dichas actividades son poco redituables, los índices de marginación de estas comunidades son alto (88% de los habitantes) y medio (12%), por lo que presentan una muy alta vulnerabilidad ante posibles derrames de petróleo crudo.

En los geosistemas de selvas alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria, ubicados entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, las localidades rurales, que en su conjunto suman 2235 habitantes, muestran un grado de marginación alto.

Los geosistemas de agricultura de temporal con cultivos anuales, tienen una población total de 7956 habitantes distribuidos entre un gran número de localidades rurales, los cuales presentan, en su mayor parte, niveles ínfimos de calidad de vida, pues el 37% de su población muestra un grado de marginación muy alto y 39% un grado alto, por lo que se consideran dentro de la categoría máxima de vulnerabilidad con respecto a los posibles derrames de petróleo crudo.

La reducida población (152 habitantes) de la localidad rural Ramón Pablo, localizada en el geosistema de agricultura de temporal con cultivos semipermanentes y permanentes, presenta un grado de marginación alto.

El geosistema de pastizales cultivados e inducidos abarca grandes extensiones de los municipios de Agua Dulce y Moloacán y una porción del noroeste de Coatzacoalcos. Debido a la topografía rugosa del terreno y al uso intensivo del suelo para actividades productivas, los asentamientos humanos son escasos y la población se dedica principalmente a la ganadería. El carácter comercial de la actividad indica que está concentrada en pocos dueños, por lo que 90% de la población asentada en este geosistema refleja un grado de marginación alto que lo hace muy vulnerable ante riesgos industriales.

Finalmente, en los geosistemas mixtos del área de estudio, los 1922 habitantes que se agrupan en

localidades rurales y rural-urbanas se distribuyen de manera dispersa y 78% de sus habitantes presenta un grado de marginación alto, lo que indica su elevada vulnerabilidad ante derrames de petróleo crudo desde ductos.

En resumen, dado que el índice de marginación representa una medida sintética de la condición socioeconómica de la población, el involucrar a un conjunto de indicadores relacionados con su educación, vivienda, población y empleo, es de gran utilidad en los análisis de vulnerabilidad ante riesgos industriales.

REFERENCIAS

- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2005. *Índices de marginación por localidad, 2005*. Secretaría de Gobernación, México. 260 pp.
- Gobierno del Estado de Veracruz-Llave 2005. *Actualización del Programa de Ordenamiento Urbano de la Zona Conurbada Coatzacoalcos-Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río-Ixhuatlán del Sureste*. Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, Xalapa, Ver. 531 pp.
- Martínez, N. 2000. Desarrollo de la industria petroquímica en el Sureste de Veracruz. Impactos territoriales durante el periodo 1970-1997. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México. 292 pp.
- Sánchez-Salazar, M. T., N. Martínez Laguna, y M. Martínez Galicia. 1999. "Industria petroquímica y cambios socioeconómicos regionales en la costa del Golfo de México. El caso del sureste de Veracruz". *Investigaciones Geográficas, Boletín*. Núm. 40. Instituto de Geografía, UNAM. pp. 127-147.

C.6. GRADO DE MARGINACIÓN DE LA POBLACIÓN POR ÁREA GEOESTADÍSTICA BÁSICA (AGEB) URBANA

María Teresa Sánchez Salazar¹ y Norma Martínez Laguna²

El índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar territorios, a distintas escalas, según el impacto global de las carencias que padece la población, para poder analizar la relación entre la condición socioeconómica de los habitantes de las principales ciudades de la región de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá y su vulnerabilidad ante un posible derrame de petróleo crudo desde la red de ductos. Por lo anterior, en este atlas se incluyó un mapa sobre el grado de marginación de la población por Área Geoestadística Básica (AGEB) urbana, para el año más reciente disponible, que es el 2000.

El AGEB constituye la "...unidad básica del marco geoestadístico empleado por el INEGI, cuyo perímetro está representado generalmente por calles, avenidas, brechas y, en ocasiones, por rasgos físicos naturales y/o culturales, normalmente reconocibles y perdurables en el terreno" (INEGI, 2008). Las AGEB se dividen en urbanas y rurales.

¹Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. mtss@servidor.unam.mx.

²Departamento de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. norma_geo@hotmail.com.

La AGEB urbana se define como una área geográfica que se encuentra dentro de una localidad urbana (incluyendo todas las cabeceras municipales mayores o menores de 2500 habitantes); está integrada por un conjunto de manzanas edificadas y delimitadas por calles y avenidas, cuyo uso del suelo no es forestal ni agropecuario y que, partiendo de un punto, presenta continuidad física en todas direcciones o, en su caso, es interrumpida en forma notoria por terreno de uso no urbano. Por su parte, la AGEB rural es una área geográfica que contiene un conjunto de localidades rurales con una población menor a 2500 habitantes cada una, asentadas en terreno de uso generalmente agropecuario o forestal, de aproximadamente ocho mil hectáreas (INEGI, 2008).

En el contexto del presente atlas, se consideraron la totalidad de las AGEB urbanas, con el fin de identificar al interior de éstas los grados de marginación de la población y vincularlos a los grados de vulnerabilidad ante las situaciones de riesgo industrial, específicamente los derrames de petróleo crudo desde la red de ductos.

Para la elaboración de este mapa se seleccionó la cobertura digital de las AGEB urbanas y los índices y grados de marginación para el año 2000. En el uso de suelo habitacional de las siete ciudades que son cabeceras municipales de la región de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá se presenta un proceso de segregación urbana debido a las diferencias y contrastes en el crecimiento natural de la población, la inmigración y los niveles de desarrollo económico; por ello el nivel o estatus de las áreas residenciales se estableció a partir de una delimitación de carácter socio-cultural. Aunado a lo anterior, el acelerado ritmo de urbanización agudizó el

déficit de servicios públicos y provocó un cambio notorio en los patrones de edificación de las viviendas.

En este contexto, pueden distinguirse tres tipos de espacios urbanos residenciales: el de la empresa federal y privada, planeado y bien urbanizado; el de los trabajadores, caracterizado por colonias de nivel medio y barrios populares; y el de los marginados, que se identifica con las "ciudades perdidas" o asentamientos irregulares. En la práctica, existe una separación social y económica entre la población urbana que se manifiesta físicamente en el espacio. En este sentido, el presente mapa refleja la fragmentación espacial del espacio urbano de las siete cabeceras municipales, expresada a través de la distribución de los grados de marginación de la población.

En las cuatro ciudades más importantes de la región (Coatzacoalcos, Minatitlán, Nanchital y Agua Dulce), como resultado de un proceso de urbanización con mayor nivel de consolidación a través del tiempo, se observa una mayor diversificación en los grados de marginación presentes en las distintas áreas de su espacio urbano. Las áreas con menores grados de marginación coinciden con las AGEB habitadas por el personal de confianza de PEMEX y el de las empresas petroquímicas privadas, o las nuevas áreas residenciales de clase media o media-alta surgidas en las zonas con las condiciones físicas más adecuadas para la edificación. Por su parte, los núcleos o cascos urbanos de las localidades señaladas presentan un grado de marginación medio, en tanto que vastas



Asentamientos irregulares en la zona limítrofe en la laguna Tepache, Colonia Divina Providencia, municipio Coatzacoalcos, Ver. (cortesía de Mayelli Hernández)

áreas de sus perímetros urbanos exhiben grados de marginación alto y muy alto. En contraste, las cabeceras municipales de menor tamaño (Cosoleacaque, Ixhuatlán del Sureste y Moloacán) revelan un predominio de los grados de marginación muy alto y alto, como resultado de sus niveles de urbanización más precarios, la menor consolidación de sus áreas residenciales y sus servicios públicos, y la mayor uniformidad en las condiciones de vida y niveles de bienestar de sus habitantes, los cuales están dedicados en su mayor parte a actividades agropecuarias.

Comose observa en el mapa, los grados de marginación predominantes son el muy alto y alto; la suma de ambos

aglutina al 56.5% de las AGEB de las localidades, lo que indica las carencias que padece la mayoría de la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, el hacinamiento y la percepción de ingresos insuficientes para garantizar una calidad de vida digna. Contrariamente, sólo 19% de las AGEB exhiben grados de marginación muy bajo y bajo. El grado medio también es relevante, ya que está representado en aproximadamente la cuarta parte del total de las AGEB (figura C.6.1).

La ciudad de Coatzacoalcos, por su parte, posee en promedio 22% de sus AGEB en los grados de marginación muy alto, alto, medio y bajo, y sólo en el 7.6% de ellas el

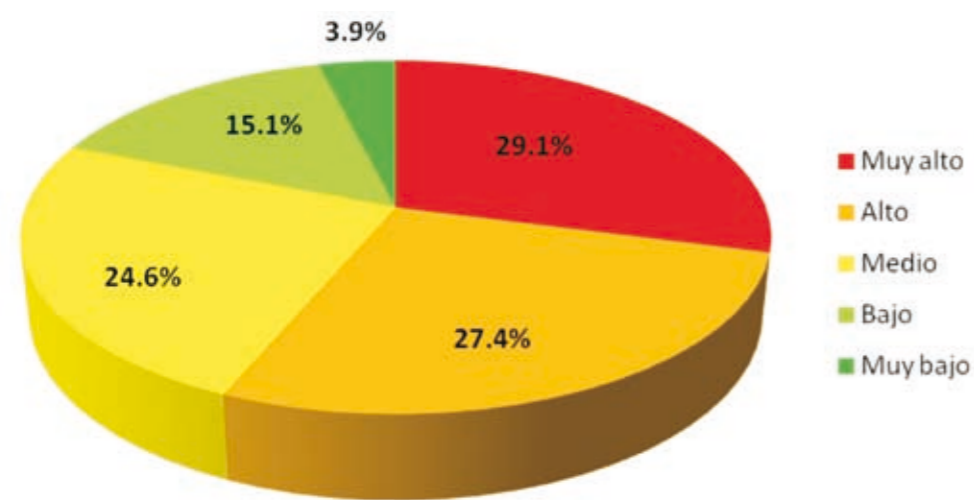
grado de marginación es muy bajo. Este hecho refleja la heterogeneidad de las actividades económicas y el nivel socioeconómico que presenta la población. Asimismo, también refleja que los procesos de urbanización que se intensificaron en los decenios de 1960 y 1970, continúan y siguen generando transformaciones importantes en las características socioeconómicas de la población, cuya vulnerabilidad ante la amenaza de derrames de petróleo desde la red de ductos resultan alarmantes en algunos casos, como ocurre en Nanchital, Agua Dulce, Minatitlán y Cosoleacaque, principalmente (figura C.6.2).

REFERENCIAS

INEGI. 2000. SCINCE. *XI Censo General de Población y Vivienda, 2000*. INEGI. México.

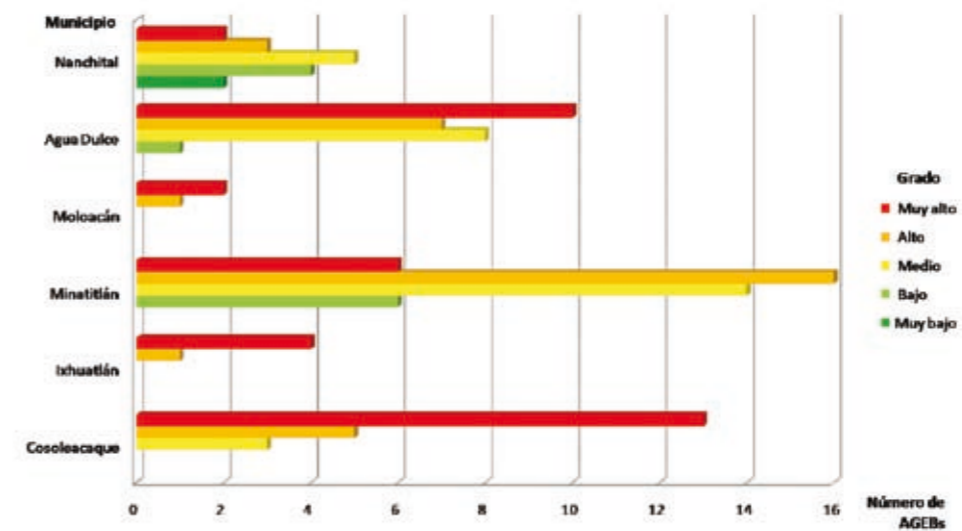
—. 2008. *Cartografía censal: Área Geoestadística Básica*. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/prodyserv/cartocen/>. Fecha de descarga: 14 de mayo de 2008.

FIGURA C.6.1. GRADO DE MARGINACIÓN POR AGEB EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2000.



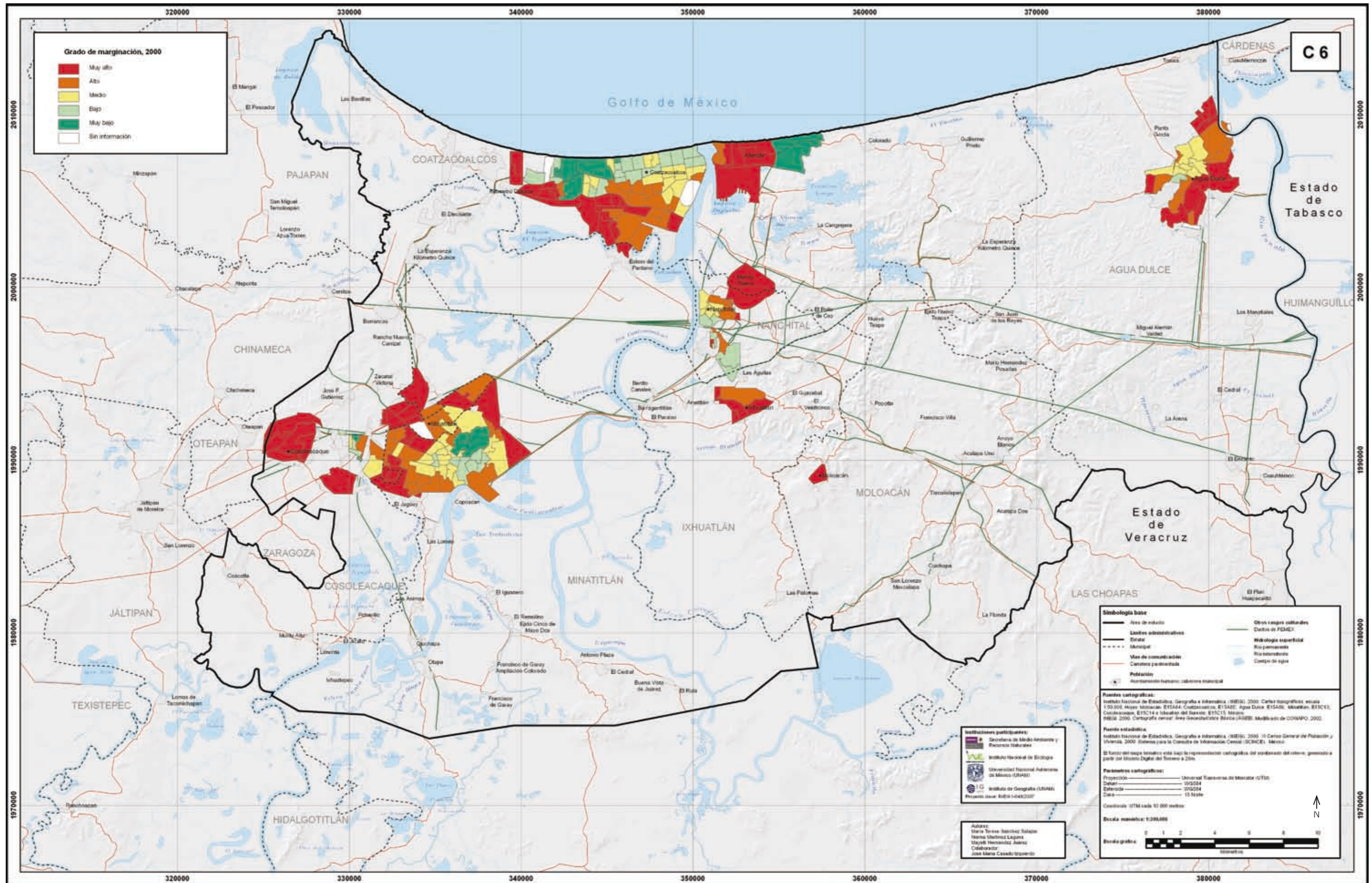
Fuente: INEGI, 2000. SCINCE.

FIGURA C.6.2. GRADO DE MARGINACIÓN POR AGEB EN LAS PRINCIPALES ZONAS URBANAS EN EL AÑO 2000.



Fuente: INEGI, 2000. SCINCE.

Grado de marginación de la población por área geostadística básica



D.1. VULNERABILIDAD DEL MEDIO BIOLÓGICO

Irene Sommer Cervantes¹, Oralia Oropeza Orozco¹ y Silke Cram Heydrich¹

La cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá es una región de gran relevancia desde el punto de vista biológico y ecológico, ya que es el hábitat permanente de numerosas especies de plantas y animales, y el hábitat temporal de muchas poblaciones de aves migratorias. Algunas de estas especies están clasificadas como amenazadas por la World Conservation Union (UICN, 2007) y la Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES, 2007). Además, esta región alberga ecosistemas, como las selvas altas y medianas, los humedales y la vegetación riparia, que son especialmente importantes para conservar la riqueza florística y faunística no sólo local sino también nacional.

Las características anteriormente descritas muestran la necesidad de conservar los recursos naturales y buen estado de los ecosistemas de esta región; sin embargo, las actividades antropogénicas están ejerciendo una fuerte presión sobre ella, particularmente debido a la elevada tasa de cambio de uso del suelo y al acelerado

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. irenes@igg.unam.mx.

crecimiento urbano e industrial. Asimismo, al ser ésta una región petrolera con una importante red de ductos, los derrames de petróleo crudo han sido frecuentes en ella y han provocado daños en los ecosistemas a diferentes niveles. Los cuerpos de agua dulces han resultado particularmente afectados, sobre todo si se considera que son áreas de anidamiento y fuentes de abastecimiento de agua y de alimento para la población humana y la fauna locales (USEPA, 1999). En la figura D.1.1 se muestran los principales efectos que puede producir un derrame de petróleo crudo sobre los seres vivos.

En el presente mapa están representados los cinco niveles de vulnerabilidad (muy alta a muy baja) del medio biológico de la región de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, obtenidos con base en la geomorfología e hidrografía de la zona y la importancia relativa de la riqueza, singularidad y fragmentación de sus geosistemas constitutivos (ver metodología).

A continuación se explican las variables seleccionadas para describir la vulnerabilidad del medio biológico de la región.

RIQUEZA

Se refiere al número total de especies diferentes que alberga cada uno de los geosistemas. La intención que se persigue con esta variable es la protección de recursos naturales de la zona. Su evaluación se llevó a cabo de manera cualitativa, considerando las secuencias de riqueza propuestas por varios autores o instituciones (Rzedowsky, 1978; CONABIO, 2007). La información espacial de base utilizada para su evaluación se muestra en el mapa de geosistemas (B.8). El criterio empleado para determinar la vulnerabilidad para esta variable fue el siguiente: a mayor número de especies mayor vulnerabilidad, dado por el mayor valor del recurso natural dominante en cada geosistema.

SINGULARIDAD

Se consideró que entre más raro es un recurso, en términos de superficie ocupada a nivel local, nacional o mun-

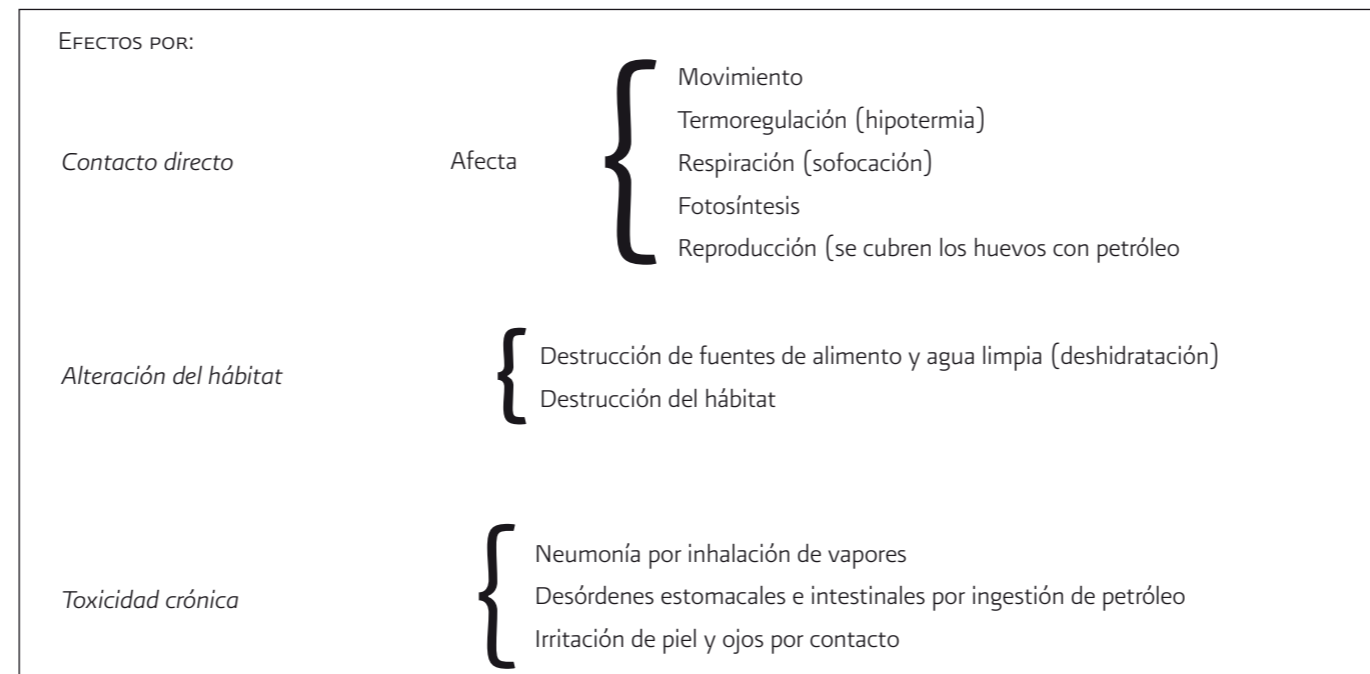
dial y del número de especies endémicas o en estatus que contenga, habrá que hacer mayores esfuerzos para su conservación. La evaluación de esta variable entre los geosistemas implicados se llevó a cabo tomando en cuenta la información proporcionada por la CONABIO (2007). El criterio empleado para esta variable fue el siguiente: entre más raro es el geosistema a nivel regional, nacional o mundial y entre más especies raras o en alguna categoría de riesgo contenga, más vulnerable se considera. Este criterio se estableció considerando que se requiere la protección de las especies y los ecosistemas.

FRAGMENTACIÓN

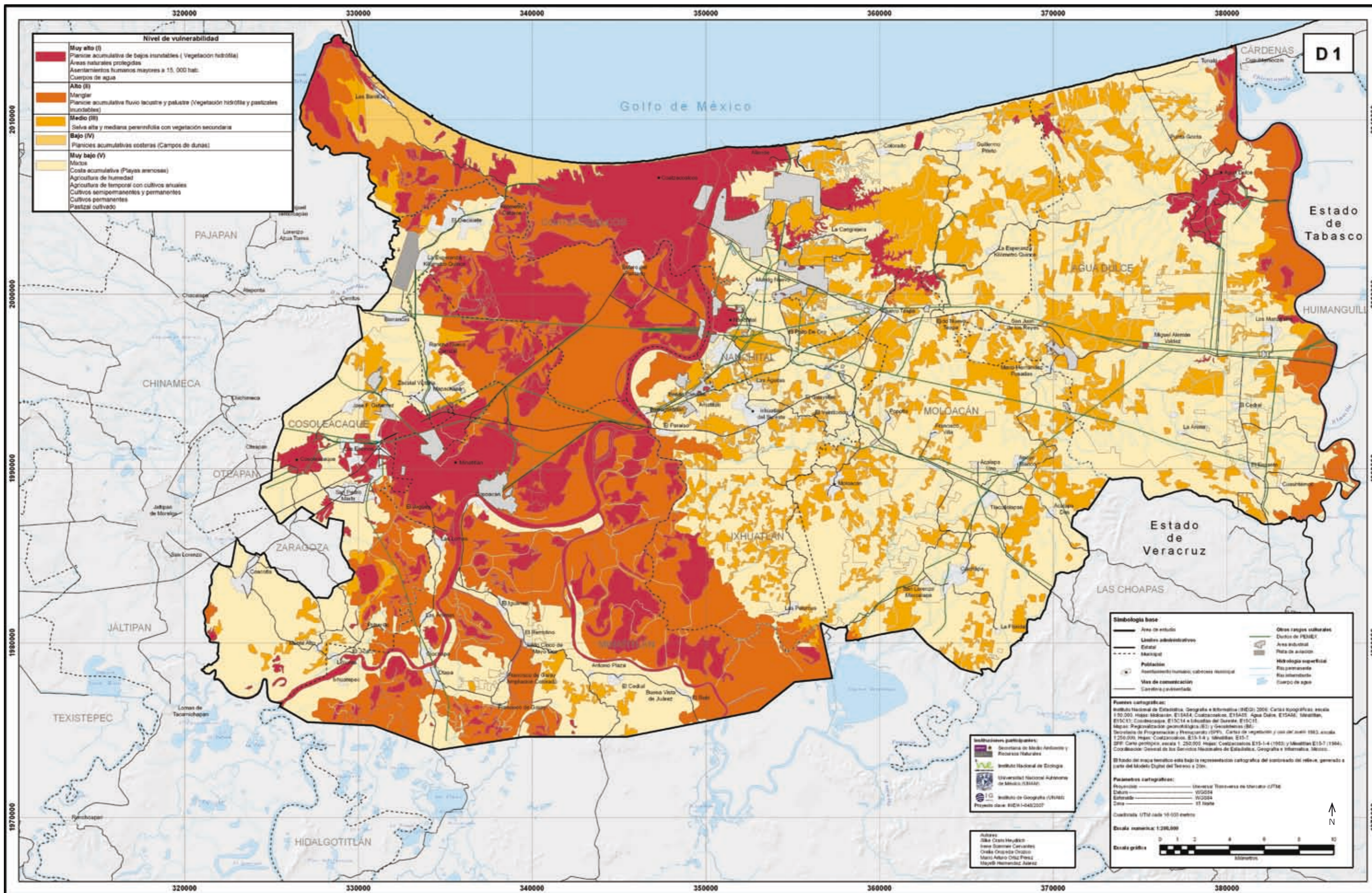
Un ecosistema es más resistente entre menos perturbaciones previas haya recibido, por lo que se hace necesario preservar esta condición. Esta variable pudo evaluarse para cada geosistema con base en las imágenes de satélite que se compilaron para el área de estudio. En ellas se evaluó la integridad-continuidad de los ecosistemas propios de la zona por su grado de fragmentación o distribución en mosaicos o parches; es decir, a través de la fragmentación que muestran los polígonos de los diferentes geosistemas. El criterio empleado para esta variable fue el siguiente: a mayor integridad-continuidad de un tipo de vegetación natural, más sensible será el geosistema que lo contiene. Esto con miras a la protección de los recursos bióticos mejor conservados.

Los 22 geosistemas identificados en la zona de estudio fueron reagrupados en 11 categorías sobre las que se aplicó el proceso de jerarquización analítica (Banai-Kashani, 1989) (ver metodología). Los pesos asignados a cada una de estas variables fueron iguales (0.33), para no privilegiar una sobre las otras y se calculó la secuencia de mayor a menor vulnerabilidad biológica de estos 11 geosistemas (cuadro D.1.1). Las comparaciones realizadas fueron esencialmente cualitativas ya que no existe la información cuantitativa requerida.

FIGURA D.1.1. EFECTOS POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS SOBRE LA BIOTA.



Vulnerabilidad del medio biológico



CUADRO D.1.1. SECUENCIA ORDENADA DE LOS 11 GEOSISTEMAS EVALUADOS POR EL PROCESO DE JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA PARA EL MEDIO BIOLÓGICO

| Geosistema | | Calificación final |
|------------|---|--------------------|
| 1 | Manglar | 26 |
| 2 | Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria | 20.3 |
| 3 | Planicie acumulativa (tanto la de bajos inundados permanentemente con vegetación hidrófila como la fluvio lacustre y palustre con vegetación hidrófila y pastizales inundables) | 14.2 |
| 4 | Planicie acumulativa costera (campos de dunas) | 12.4 |
| 5 | Costa acumulativa (playas arenosas), | 7.9 |
| 6 | Mixto | 5.3 |
| 7 | Agricultura de humedad, | 3.2 |
| 8 | Agricultura de temporal | 3 |
| 9 | Pastizales cultivados e inducidos, cultivos semipermanentes y permanentes, y cultivos permanentes. | 2.5 |
| 10 | | |
| 11 | | |

Las calificaciones obtenidas fueron agrupadas en las siguientes tres categorías de vulnerabilidad: vulnerabilidad media (III), vulnerabilidad baja (IV) y vulnerabilidad muy baja (V), conforme al método de cálculo de escala relativa (el valor más alto 26 fue tomado como 100). Se obtuvieron los siguientes resultados finales:

- Vulnerabilidad media (III) incluye dos geosistemas: manglar y selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria.
- Vulnerabilidad baja (IV) incluye a los geosistemas: planicie acumulativa (tanto la de bajos inundados permanentemente con vegetación hidrófila como la fluvio lacustre y palustre con vegetación hidrófila y pastizales inundables) y la planicie acumulativa costera (campos de dunas).
- Vulnerabilidad muy baja (V) incluye a los geosistemas: costa acumulativa (playas arenosas), agricultura de temporal, geosistemas mixtos, pastizales cultivados e inducidos, agricultura de humedad, cultivos semipermanentes y permanentes y, por último, al de cultivos permanentes.

Finalmente, sobre estos resultados se superpusieron los obtenidos para las áreas con alta probabilidad de inundación. De esta manera, la planicie acumulativa de bajos inundados permanentemente (vegetación hidrófila), el manglar y la planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre (vegetación hidrófila y pastizales inundables) se reasignaron a las categorías de vulnerabilidad muy alta (I) y alta (II).

De estos resultados se puede establecer que, en términos de las cualidades biológicas evaluadas, los geosistemas de manglar y de selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria resultaron ser los de mayor riqueza y singularidad relativa, dentro de la zona de estudio. En cuanto a la fragmentación, ésta es particularmente alta en la selva, pero con porciones en estado de regeneración relativamente avanzado y por tanto susceptibles de conservación. Estos geosistemas se encuentran amenazados por la gran cantidad de pozos petroleros e infraestructura asociada que albergan.

Inmediatamente después se sitúan los geosistemas propios de la planicie acumulativa (tanto la de bajos inundados permanentemente con vegetación hidrófila como la fluvio lacustre y palustre con vegetación hidrófila y pastizales inundables) y la planicie acumulativa

costera (campos de dunas) que debieran considerarse un recurso a proteger por sus altos valores relativos de riqueza, singularidad y fragmentación.

Finalmente, las playas arenosas y las seis categorías de geosistemas con producción agrícola en mayor o menor grado; resultan ser, desde el punto de vista de conservación de recursos bióticos, las menos importantes. En el cuadro D.1.2 se muestran los resultados finales.

El área estudiada es particularmente sensible a los derrames debido a su abundancia de agua (ríos, lagunas, zonas inundables y precipitación). Esta sensibilidad se manifiesta sobre todo en los ecosistemas propios de esta condición, tales como los manglares y humedales de diversos tipos. Los manglares y humedales, cuyo valor ecológico es fundamental para preservar las zonas de transición marino-terrestres y cuya distribución es limitada en nuestro país, están seriamente amenazados en la zona de estudio, tanto por los posibles derrames de hidrocarburos como por otros procesos antropogénicos que incluyen la elevada tasa de urbanización y los asentamientos humanos irregulares que carecen de servicios básicos.

CUADRO D.1.2. RESULTADOS FINALES DE AGRUPACIÓN DE GEOSISTEMAS CONFORME A NIVEL DE VULNERABILIDAD ATENDIENDO A SUS CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.

| Nivel de vulnerabilidad | Geosistemas incluidos |
|-------------------------|--|
| Muy alto (I) | Planicie acumulativa de bajos inundables (vegetación hidrófila) |
| | Áreas naturales protegidas |
| | Asentamientos humanos > 15 000 hab. |
| | Cuerpos de agua |
| Alto (II) | Manglar |
| | Planicie acumulativa fluvio lacustre y palustre (vegetación hidrófila y pastizales inundables) |
| Medio (III) | Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria |
| Bajo (IV) | Planicies acumulativas costeras (campos de dunas) |
| Muy bajo (V) | Geosistemas mixtos |
| | Costa acumulativa (playas arenosas) |
| | Agricultura de humedad |
| | Agricultura de temporal con cultivos anuales |
| | Agricultura de cultivos semipermanente y permanentes |
| | Cultivos permanentes |
| | Pastizal cultivado |

REFERENCIAS

- Banai-Kashani, R. 1989. A new method for site suitability analysis: The Analytic Hierarchy Process. *Environmental Management*, 13(6): 685-693.
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml>. Apéndices I, II y III. Sin año. Consultado en septiembre del 2007.
- Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/estrategia_nacional/doctos/estudiodepais/CAP5_Amenazas.pdf. Sin año. Consultado en septiembre de 2007.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). <http://www.iucnredlist.org/>. The IUCN Red List of Threatened Species. Sin año. Consultado en septiembre del 2007.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 1999. Understanding oil spills and oil spill response. <http://www.epa.gov/oilspills/pdfs>. Consultado en septiembre de 2007.

D.2. VULNERABILIDAD DEL MEDIO FÍSICO

**Irene Sommer Cervantes¹,
Oralia Oropeza Orozco¹,
Mario Arturo Ortiz Pérez¹
y Silke Cram Heydrich¹**

La región de estudio pertenece a la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá. Ambos ríos son importantes por el aporte de agua que reciben de sus diversos afluentes y por la dinámica hidrológica que ejercen en esta región. Entre los aspectos más importantes de su dinámica fluvial cabe señalar la influencia de las inundaciones periódicas en las zonas de las planicies fluvio-lacustres y palustres; son comunes los procesos de flujo, reflujo y mezclas de agua, tanto de los ríos como del mar, con cargas importantes de materia orgánica, sedimentos y contaminantes (Gobierno del Estado de Veracruz, consultado en 2007). Estas características, aunadas a la presencia de una importante red de ductos petroleros, le confieren a esta región una susceptibilidad especial a los efectos de los derrames de hidrocarburos.

Estemaparepresentaloscinconivelesdevulnerabilidad del medio físico de la región de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá (muy alta a muy baja). Estos niveles se establecieron con base en el análisis espacial de los siguientes componentes físicos: geomorfología e hidrografía de la región, así como la importancia relativa

de la pendiente-relieve y la permeabilidad de los suelos de sus geosistemas constitutivos.

El análisis sistemático de la morfología del lecho fluvial a lo largo de su curso bajo permite conocer la susceptibilidad al peligro de las inundaciones en los terrenos adyacentes, ya que esta morfología es el reflejo de las condiciones del escurrimiento si se considera que las variaciones del gasto y la velocidad de la corriente, así como los diferentes niveles de la superficie del agua, determinan en gran medida la forma del cauce.

Con base en estos conceptos y a través del análisis de fotografías aéreas de la zona, se pudieron distinguir tres fases en el comportamiento del lecho fluvial, que pudieron ser reconocidas por medio del modelado geomorfológico y la clasificación propuesta por Trestman y Tricart en Mayerik (1970), modificada para su aplicación al río Coatzacoalcos. Estas fases son las siguientes:

FASE DE NIVELES BAJOS Y MEDIOS

Es en la que las corrientes coinciden o se aproximan al valor del escurrimiento medio anual. Por ser sólo un valor numérico del caudal, al ponderar tanto los valores altos y bajos del gasto, no se puede esperar una clara indicación en las características del canal; sin embargo, se ha observado que en la mayoría de los casos los caudales medios cubren un tercio del lecho ordinario (Leopold en Mayerik, 1970). Esta fase obviamente corresponde a la de estabilidad del cauce.

FASE DE NIVELES ALTOS

Coincide con las crecidas ordinarias, en donde se reconocen dos modalidades: los escurrimientos con flujos a pleno bordo o muy cerca del nivel de contención del lecho ordinario, y los de desborde que sobrepasan las riberas del lecho ordinario e inundan periódicamente o estacionalmente (cada año o una o más veces cada dos años).

FASE DE NIVELES DE DESBORDES EXTRAORDINARIOS

Es en la que la avenida de agua rebasa el nivel de las riberas altas, inundando esporádicamente el lecho mayor excepcional o la llanura alta de inundación.

La fase de niveles altos ordinarios se presenta en periodos de retorno estacional muy corto y de frecuencia mayor, y se asocia en el caso que nos atañe con las zonas de vulnerabilidad muy alta (I). La fase de niveles de desbordes extraordinarios se refiere a eventos menos frecuentes, en periodos de retorno comprendidos entre 2 y 10 años, y se asocian en este caso a las zonas de vulnerabilidad alta (II).

Este mapa revela que en el área de estudio la margen izquierda del río Coatzacoalcos es la más susceptible, ya que a partir de ella se extienden la mayoría de los humedales de las tierras bajas. Por el contrario, pocas zonas inundables se despliegan desde su margen derecha, pues la topografía de lomeríos impide una mayor extensión.

Para la determinación de los niveles de vulnerabilidad media (III), baja (IV) y muy baja (V) se recurrió al procedimiento de análisis jerárquico (Banai-Kashani, 1989) (ver metodología) considerando las siguientes variables:

PENDIENTE-RELIEVE

La pendiente es una variable que normalmente se considera en los trabajos de vulnerabilidad; sin embargo, por sí sola no resultó una variable muy apta para describir la zona de estudio, dado que predominan las pendientes planas, ligeramente suaves y suaves (0°-5°) en el 90 % del área; además de que gran parte de la superficie es una planicie acumulativa. El resto (10 %) es una serie de laderas de lomeríos, colinas suaves y elevaciones menores con relieve muy irregular y pendientes mayores a 5°, particularmente en el área comprendida entre los

dos ríos Coatzacoalcos y Tonalá. Por este motivo, se decidió combinar la pendiente con el relieve. Su evaluación fue cualitativa, deduciendo sus efectos sobre la dispersión y dificultad de limpieza de un derrame, a partir del modelo digital del terreno (mapa A.2). El criterio de vulnerabilidad para esta variable fue el siguiente: a mayor pendiente mayor dispersión, a terreno más accidentado mayor dificultad de acceso y mayor dispersión del hidrocarburo, por tanto el geosistema evaluado tendrá mayor vulnerabilidad.

PERMEABILIDAD

La permeabilidad se consideró por su influencia sobre la persistencia de los efectos de los hidrocarburos derramados; además de que los sitios más permeables implican atención inmediata. La información que se empleó para su evaluación cualitativa se muestra en el mapa de suelos dominantes (mapa B.4) e incluye criterios geomorfológicos (mapa B.3) y de los propios geosistemas (mapa B.8) como se explica en los resultados. El criterio empleado para esta variable fue el siguiente: a mayor permeabilidad mayor infiltración, el hidrocarburo será más difícil de limpiar y sus efectos perdurarán por más tiempo; por lo tanto, el geosistema se considerará más vulnerable.

Cabe aclarar que se obtuvieron dos secuencias de vulnerabilidad. La primera atendiendo sólo a los criterios de geomorfología e hidrografía de la zona, criterios que no son aplicables a toda la extensión de la misma. La segunda obedece a los criterios pendiente-relieve y permeabilidad, analizados a través del procedimiento de jerarquía analítica y que son particularmente útiles para los terrenos con baja probabilidad de inundación pero que se aplicaron a toda la superficie estudiada. Por lo anterior, los geosistemas de las tierras bajas aparecen en ambas secuencias. Estos casos quedaron finalmente clasificados conforme a la categoría dictada por la geomorfología fluvial.

La secuencia de mayor a menor importancia física (pendiente-relieve y permeabilidad) de los

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. irenes@igg.unam.mx.

11 geosistemas analizados se muestra en el cuadro D.2.1.

Las calificaciones obtenidas fueron agrupadas en tres categorías de vulnerabilidad correspondientes a los niveles medio (III), bajo (IV) y muy bajo (V), conforme al método de cálculo de escala relativa (el valor más alto 21.5 fue tomado como 100). Se obtuvieron los siguientes resultados finales:

- Vulnerabilidad media (III) incluye dos geosistemas: selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria y planicie acumulativa costera (campos de dunas)
- Vulnerabilidad baja (IV) incluye a los geosistemas: costa acumulativa (playas arenosas), agricultura de temporal, pastizales cultivados e inducidos y cultivos permanentes
- Vulnerabilidad muy baja (V) incluye a los geosistemas: mixto, cultivos semipermanentes y permanentes, agricultura de humedad, planicie acumulativa (de bajos inundados permanentemente con vegetación hidrófila y la palustre con vegetación hidrófila y pastizales inundables) y manglares.

Sobre estos resultados se superpusieron los obtenidos por medio de los criterios de geomorfología fluvial, lo cual permitió definir los niveles de vulnerabilidad muy alta (I) y alta (II), al igual que como se establecieron estos niveles para la vulnerabilidad del medio biológico (D.1). Las zonas con vulnerabilidad I y II cubren aproximadamente el 35.2% del área total.

Estos dos primeros niveles incluyeron a la planicie acumulativa (tanto de bajos inundados permanentemente con vegetación hidrófila como la fluvio-lacustre y palustre con vegetación hidrófila y pastizales inundables) y el manglar, que conforme a los criterios de relieve y permeabilidad serían interpretados como los menos sensibles. Los resultados finales se muestran en el cuadro D.2.2.

Los geosistemas que integran el nivel de vulnerabilidad media (III), a diferencia de los de muy baja (V), poseen mayores índices de pendiente-relieve o permeabilidad. Esto tiene repercusiones directas sobre el comportamiento de un eventual derrame de hidrocarburos. En el caso de los terrenos ocupados por las selvas el relieve es muy irregular, ya que se asientan en los lomeríos, lo cual dificulta el acceso, la aplicación de técnicas de limpieza uniformes y extiende el tiempo

CUADRO D.2.2. RESULTADOS FINALES DE AGRUPACIÓN DE GEOSISTEMAS CONFORME A NIVEL DE VULNERABILIDAD ATENDIENDO A SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

| Nivel de vulnerabilidad | Geosistemas incluidos |
|-------------------------|--|
| Muy alto (I) | Planicie acumulativa de bajos inundables (vegetación hidrófila) |
| | Áreas naturales protegidas |
| | Asentamientos humanos > 15 000 hab. |
| | Cuerpos de agua |
| Alto (II) | Manglar |
| | Planicie acumulativa fluvio lacustre y palustre (vegetación hidrófila y pastizales inundables) |
| Medio (III) | Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria |
| | Planicies acumulativas costeras (campos de dunas) |
| Bajo (IV) | Agricultura de temporal con cultivos anuales |
| | Costa acumulativa (playas arenosas) |
| | Pastizal cultivado |
| | Cultivos permanentes |
| Muy bajo (V) | Mixtos |
| | Agricultura de cultivos semipermanente y permanentes |
| | Agricultura de humedad |

de atención de la emergencia. Por su parte, en la planicie acumulativa costera (dunas) es muy probable que un derrame se embeba y penetre en la matriz del suelo, requiriendo técnicas de limpieza especializadas y de largo plazo.

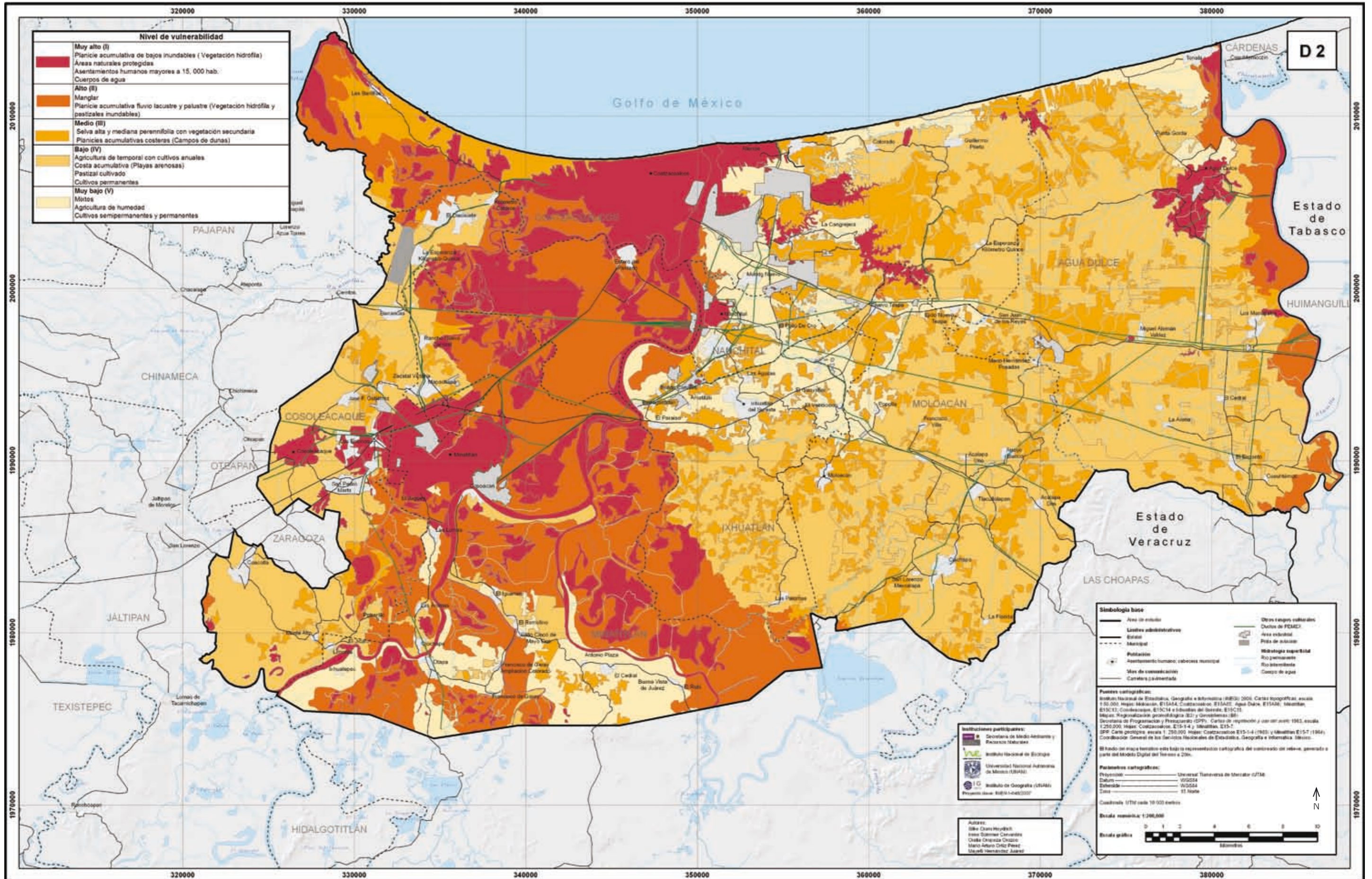
REFERENCIAS

- Banai-Kashani, R. 1989. A new method for site suitability analysis: The Analytic Hierarchy Process. *Environmental Management*, 13(6): 685-693.
- GobiernodelEstadodeVeracruz.Sinaño.AtlasEstataldeRiesgos. Veracruz de Ignacio de la Llave. Subsecretaría de Protección Civil, Secretaría de Seguridad Pública. http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=776,4008706&_dad=portal&_schema=PORTAL. Sin año. Consultado en septiembre del 2007.
- Mayerik, A. 1970. Photointerpretation in hydrology, a geomorphological approach. En: *I.T.C. Textbook of photointerpretation*. Chapter 3, Volume VII Use of aerial photographs in geomorphology. Delft, Netherlands.

CUADRO D.2.1. SECUENCIA ORDENADA DE LOS 11 GEOSISTEMAS EVALUADOS POR EL PROCESO DE JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA PARA EL MEDIO FÍSICO.

| | Geosistema | Calificación final |
|----|---|--------------------|
| 1 | Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria | 21.5 |
| 2 | Planicie acumulativa costera (campos de dunas) | 16.4 |
| 3 | Agricultura de temporal | 13.4 |
| 4 | Costa acumulativa (playas arenosas) | 11.4 |
| 5 | Pastizales cultivados e inducidos | 10.4 |
| 6 | Cultivos permanentes | 8.2 |
| 7 | Mixto | 5.7 |
| 8 | Cultivos semipermanentes y permanentes | 5.6 |
| 9 | Agricultura de humedad | 2.9 |
| 10 | Planicie acumulativa (tanto la de bajos inundados permanentemente con vegetación hidrófila como la fluvio lacustre y palustre con vegetación hidrófila y pastizales inundables) | 2.4 |
| 11 | Manglar | 2.1 |

Vulnerabilidad del medio físico



D.3. VULNERABILIDAD DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

*Norma Martínez Laguna¹ y
María Teresa Sánchez Salazar²*

El territorio constituye un sistema complejo en el que confluyen un conjunto de componentes, cada uno de ellos con sus elementos conformadores y una serie de relaciones que le dan cohesión interna y lo vinculan con el conjunto a distintas escalas en un proceso dinámico. Es por ello que al territorio suele considerársele como un sistema integrado por los siguientes subsistemas: natural, social, económico, urbano-regional e inclusive político (García, 1994; Palacio-Prieto y Sánchez Salazar, 2004). De ahí que la incorporación del enfoque sistémico (teoría de sistemas) al análisis de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá haya aportado un marco de referencia adecuado, que permitió la comprensión del territorio en estudio y de sus componentes (para los fines de este estudio, se consideraron como grandes componentes al medio físico, al medio biológico y al medio socioeconómico) en sus múltiples y complejas interacciones.

¹Departamento de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. norma_geo@hotmail.com.

²Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. mtss@servidor.unam.mx.

En el caso que nos ocupa, el enfoque de sistemas sirvió como punto de partida para el análisis de la industria (estructura, organización e interacciones) y del territorio en el cual se inserta, con el objetivo de identificar, examinar y explicar los impactos que produce esta actividad sobre los restantes componentes del sistema territorial (la población, la economía y el medio físico y biológico), para poder valorar sus manifestaciones negativas. Este aspecto vincula los estudios geindustriales a los de otras áreas de la investigación geográfica, como por ejemplo el de la problemática de la vulnerabilidad de la población, sus actividades y sus pertenencias, ante las amenazas y riesgos de origen industrial (Méndez y Caravaca, 1996).

El presente mapa muestra los niveles de vulnerabilidad del medio socioeconómico ante posibles derrames de hidrocarburos. Para ello se realizó una búsqueda de la información estadística sobre la población y sus características socioeconómicas, la estructura económica regional y de la industria petrolera y petroquímica en particular, con el fin de identificar las variables e indicadores más adecuados para realizar el análisis de la vulnerabilidad socioeconómica. Las variables seleccionadas en el caso de la población fueron las siguientes:

- Población total por localidad y municipio (1995, 2000 y 2005)
- Densidad de población por municipio (2000 y 2005)
- Inmigrantes recientes por localidad (2000 y 2005)
- Población económicamente activa ocupada total y por sector económico por localidad y municipio (2000)
- Índice de marginación a nivel de municipio y localidad (2005)

Las fuentes de información estadística que se utilizaron fueron el XII Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001) y los Conteos de Población 1995

y 2005 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 1996 y 2006a).

Por lo que respecta a la información correspondiente a la industria petrolera y petroquímica existente en el área de estudio, las variables utilizadas fueron la infraestructura para la extracción y procesamiento de los hidrocarburos y sus derivados, su localización, capacidad instalada y volumen de producción para el año de 2006, así como la correspondiente a otras instalaciones, tales como pozos petroleros, terminales marítimas, estaciones de bombeo. Esta información se extrajo del Anuario Estadístico y el Informe Anual de 2007 publicados por Petróleos Mexicanos (PEMEX). Asimismo, también se incluyó la infraestructura de transporte de hidrocarburos,

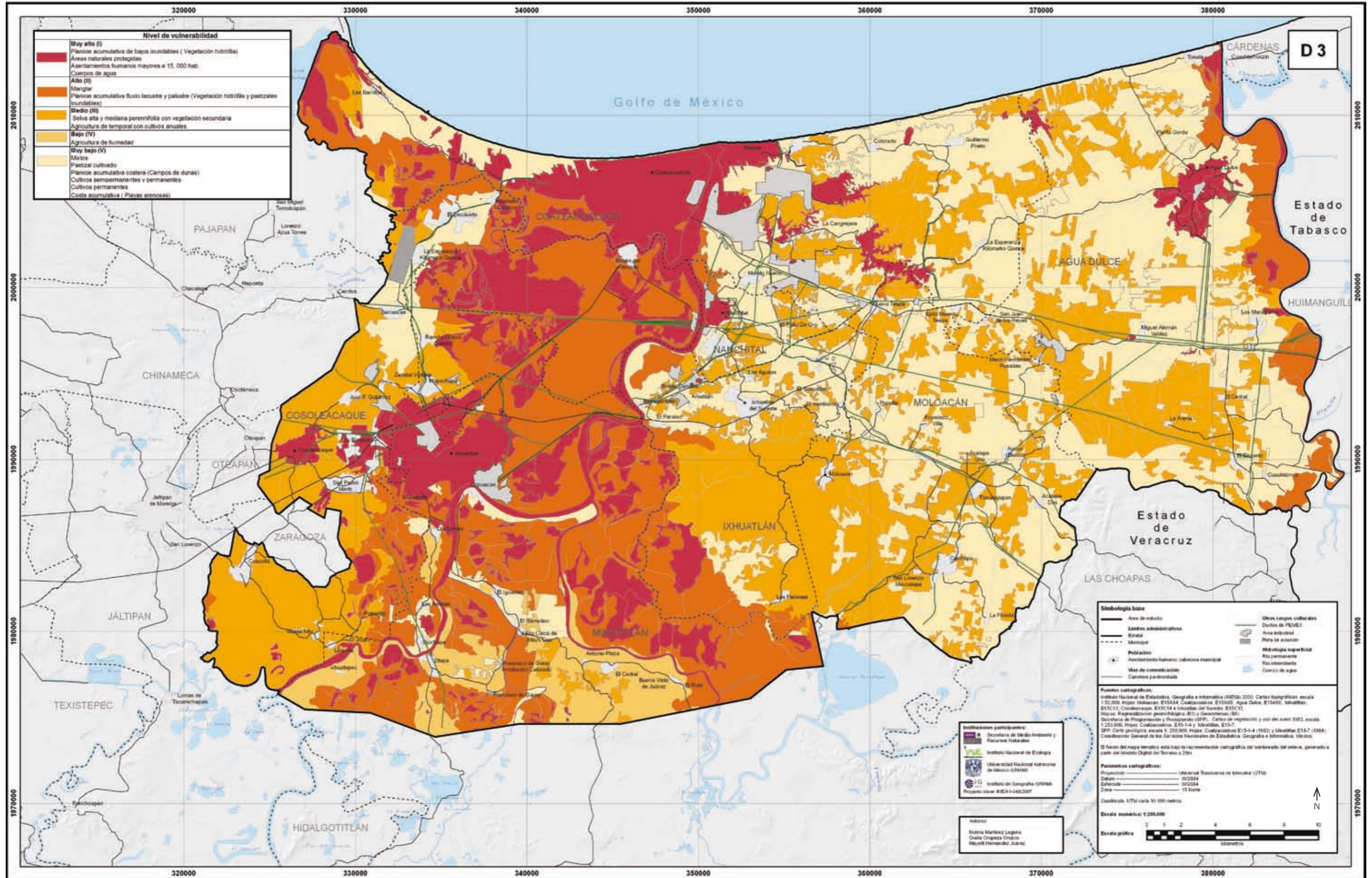
productos petroquímicos y petrolíferos mediante ductos. Para el trazado del sistema troncal y regional de ductos se utilizaron las cartas topográficas de INEGI (2000) escala 1:250 000 y se complementó con la información que proporciona PEMEX en la publicación anual Memoria de Labores de 2007. Cabe destacar que éstas fueron las únicas fuentes a las que se tuvo acceso. Existen estudios recientes, tanto en PEMEX como en el Instituto Mexicano del Petróleo, sobre fugas y derrames; sin embargo estos documentos son considerados de carácter estratégico, confidencial y de uso interno.

Para la determinación de los niveles de vulnerabilidad del medio socioeconómico ante posibles derrames de petróleo desde la red de ductos, las variables antes



Kiosco en centro cívico de Nanchital, Ver. (cortesía de Irene Sommer)

Vulnerabilidad del medio socioeconómico



mencionadas se integraron en dos índices numéricos sintéticos: el índice ponderado de marginación por geosistema y el índice ponderado de actividades productivas por geosistema.

Los datos estadísticos obtenidos por municipio y localidad de la región de estudio fueron asignados a cada uno de los geosistemas previamente determinados y se ponderaron de la siguiente manera: 1) en función de la población total presente en cada geosistema y 2) en función del área total que ocupa cada geosistema. Habiendo hecho estos cálculos, se tuvo una variable numérica que sirvió para establecer las diferencias entre pares de geosistemas de manera cuantitativa.

ÍNDICE PONDERADO DE MARGINACIÓN POR GEOSISTEMA

Previa recopilación de los datos estadísticos, se localizaron en el mapa de geosistemas los índices de marginación que publica el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2005a y 2005b) para cada una de las localidades y municipios de la región. Las localidades con índices altos y muy altos de marginación se ponderaron en función de la población total y la densidad de población (hab/km²) presentes en cada geosistema. A continuación, se calcularon las diferencias entre sus valores por pares de geosistemas y se tradujeron estos resultados a la escala de calificación adoptada para este trabajo.

El criterio empleado para la interpretación de este índice fue el siguiente: a mayor índice de marginación mayor es la vulnerabilidad de la población que habita en ese geosistema, referida esta vulnerabilidad a la susceptibilidad de sufrir daños físicos directos en sus personas y pertenencias.

ÍNDICE PONDERADO DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS POR GEOSISTEMA

Posterior a la recopilación de la información geográfica por municipio y localidad, relativa a la población econó-

micamente activa (PEA) ocupada total por sector económico (primario, secundario y terciario) que publica el INEGI (2006b), se realizó la superposición de mapas de la PEA ocupada total sobre los geosistemas de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.

Los valores de los sectores de actividad más importantes desde el punto de vista de su ocupación territorial y del número de trabajadores empleados, es decir los sectores primario y secundario, se sumaron por considerarse los más vulnerables ante posibles derrames de hidrocarburos a partir de ductos.

Antes de continuar con la descripción de la metodología utilizada, cabe hacer un paréntesis para explicar las razones de por qué se considera a las actividades del sector primario y secundario como las de más alta vulnerabilidad ante posibles derrames de petróleo crudo. Los oleoductos que cruzan la región son de dos tipos: a) los del sistema troncal, procedentes de Tabasco, Chiapas y la Sonda de Campeche, que se dirigen, por una parte, hacia el centro y noreste del país, y por otra, hacia Salina Cruz a través del istmo de Tehuantepec; y, b) los del sistema regional, que conectan entre sí a las distintas instalaciones de PEMEX (pozos petroleros, refinería, complejos petroquímicos, instalaciones de almacenamiento, terminal marítima, estaciones centrales de bombeo, instalaciones de almacenamiento de petróleo crudo en cavernas de disolución de sal y agencias de ventas), y a éstas con los establecimientos industriales de la petroquímica secundaria de capital privado.

El sistema troncal de ductos, integrado por los oleoductos y gasoductos de mayor capacidad de transporte, no cruza por los espacios urbanos, que es donde se concentra el grueso del sector económico terciario, sino que atraviesa las zonas rurales, donde se localizan los campos agrícolas de cultivos permanentes, semipermanentes y anuales, y las áreas de pastizales cultivados e inducidos en donde se desarrolla la ganadería; de ahí que éstas serían las actividades económicas más afectadas (ambas pertenecientes al sector primario) en el caso de un posible derrame de petróleo desde un oleoducto de este sistema.

Por su parte, el sistema regional de ductos vincula a los establecimientos industriales de PEMEX y de la iniciativa privada, los cuales se ubican, en su gran mayoría, en las áreas suburbanas o en terrenos fuera del espacio propiamente urbano (a excepción del complejo petroquímico de Cosoleacaque que prácticamente ha quedado absorbido por la mancha urbana). De ahí entonces que ante una situación de derrame de petróleo crudo de un ducto del sistema regional, el sector económico directamente más afectado sería el industrial al que dicho sistema vincula, pero también el agropecuario por donde transitan los ductos al salir de las instalaciones industriales.

Continuando con la descripción metodológica, los valores totales obtenidos al sumar el número de trabajadores ocupados en los sectores primario y secundario se ponderaron en función del peso específico que tiene la PEA total en cada geosistema y su densidad de población (habitantes/km²) con respecto al área total del mismo. Con esto se obtuvo un valor numérico que permitió establecer las diferencias entre pares de geosistemas de manera cuantitativa.

La intención en este caso era determinar las actividades dominantes en cada geosistema, que al mismo tiempo representarían un mayor potencial de pérdida económica ante un posible derrame de petróleo crudo. La aproximación pudo hacerse de forma cuantitativa con la información disponible, pero sólo en términos de grandes sectores productivos. Hubo tres casos (manglares, playas y dunas) para los que no se reportaron datos de PEA ocupada, por ello se consideraron de mínima vulnerabilidad.

En el caso de este indicador, el criterio empleado fue el siguiente: a mayor proporción de población por geosistema dedicada a actividades primarias o secundarias, más vulnerable será ese geosistema, en términos de que, en caso de derrame, las pérdidas económicas recaerían principalmente sobre estas actividades.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos en el presente mapa se determinó el nivel de vulnerabilidad

socioeconómica ante derrames, para lo cual se consideraron los siguientes niveles de vulnerabilidad: muy alta (I), alta (II), media (III), baja (IV) y muy baja (V).

El nivel de vulnerabilidad muy alto (I) se presenta en los siguientes geosistemas: planicie acumulativa de bajos inundables (vegetación hidrófila), geosistemas urbanos con sectores secundario y terciario y lagunas y ríos. Éstos se localizan predominantemente en la porción occidental de la región a todo lo largo de la ribera del río Coatzacoalcos y su área directa de influencia, y en el extremo oriental, donde tiene una distribución más puntual, en la zona aledaña a la localidad de Agua Dulce y en la cuenca baja del río Tonalá. El nivel de vulnerabilidad alto (II) coincide con la planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre (vegetación hidrófila y pastizales inundables), que es el que ocupa la mayor superficie en la porción occidental del área de estudio; incluye a los manglares asociados a los geosistemas del nivel muy alto; también se distribuye a lo largo de la ribera del río Tonalá, en el extremo oriente de la región.

Por su parte, el nivel de vulnerabilidad media (III) se presenta en los geosistemas de selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria, y agricultura de temporal con cultivos anuales, los cuales se encuentran ampliamente distribuidas en el occidente y por todo el sureste de la cuenca bajo estudio, y mantiene un patrón de distribución más cerrado y continuo en la porción suroeste y sur de la región en estudio, y otro más fragmentado, disperso y discontinuo hacia la mitad oriental de la misma.

El nivel correspondiente a baja vulnerabilidad (IV) coincide con el geosistema de agricultura de humedad, que se ubica en la planicie entre los ríos Coatzacoalcos y Uxpanapa, al sur de su confluencia. Finalmente, la vulnerabilidad muy baja (V) corresponde a varios geosistemas: mixtos, agrarios como los pastizales cultivados e inducidos, planicies acumulativas costeras (campos de dunas), áreas agrícolas de cultivos semipermanentes y permanentes y playas arenosas. A excepción de los mixtos, todos los demás

CUADRO D.3.1. RESULTADOS FINALES DE AGRUPACIÓN DE GEOSISTEMAS CONFORME A NIVEL DE VULNERABILIDAD ATENDIENDO A SUS CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.

| Nivel de vulnerabilidad | Geosistemas incluidos |
|-------------------------|--|
| Muy alto (I) | Planicie acumulativa de bajos inundables (vegetación hidrófila) |
| | Áreas naturales protegidas |
| | Asentamientos humanos > 15 000 hab. |
| | Cuerpos de agua |
| Alto (II) | Manglar |
| | Planicie acumulativa fluvio lacustre y palustre (vegetación hidrófila y pastizales inundables) |
| Medio (III) | Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria |
| | Agricultura de temporal con cultivos anuales |
| Bajo (IV) | Agricultura de humedad |
| Muy bajo (V) | Mixtos |
| | Pastizal cultivado |
| | Planicies acumulativas costeras (campos de dunas) |
| | Agricultura de cultivos semipermanente y permanentes |
| | Cultivos permanentes |
| | Costa acumulativa (playas arenosas) |

geosistemas presentan un nivel de poblamiento escaso o nulo. Los resultados finales se muestran en el cuadro D.3.1.

REFERENCIAS

Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2005a. *Índices de marginación por localidad, 2005*. Secretaría de Gobernación, México.

Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2005b. *Índices de marginación por municipio, 2005*. Secretaría de Gobernación, México.

García, R. 1994. Interdisciplinariedad y sistemas complejos, en Leff, E. (compilador) *Ciencias Sociales y Formación Ambiental*. Editorial Gedisa y CIH-UNAM, Barcelona, España. Págs. 85-123

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1996. *Conteo de Población y Vivienda, 1995*. México.

———. 2001. *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000*. Veracruz. México.

———. 2006a. *Conteo de Población y Vivienda, 2005*. México.

———. 2006b. *Resultados por localidad 2005 (ITER)*. México.

———. 2000. *Cartas topográficas*, escala 1:50 000, Hojas: Moloacán, E15A84; Coatzacoalcos, E15A85; Agua Dulce, E15A86; Minatitlán, E15C13; Cosoleacaque, E15C14 e Ixhuatlán del Sureste, E15C15. Aguascalientes, México.

Méndez, R. e I. Caravaca. 1996. *Organización industrial y territorio*. Editorial Síntesis. Madrid, España.

Palacio-Prieto J. L. y M. T. Sánchez-Salazar. 2004. *Guías metodológicas para la elaboración de Programas Estatales de Ordenamiento Territorial (Segunda generación, versión definitiva) (Convenio SEDESOL-Instituto de Geografía UNAM, 2003-2004)*. Dirección General de Ordenación del Territorio, Secretaría de Desarrollo Social.

Petróleos Mexicanos. 2007. *Informe Anual*. México.

———. 2007. *Anuario Estadístico*. México.

———. 2007a. *Memoria de Labores*. México.

D.4. VULNERABILIDAD, ESCENARIO COMPUESTO

Irene Sommer Cervantes¹,
Oralia Oropeza Orozco¹ y
Silke Cram Heydrich¹

Este mapa es el resultado final de la propuesta metodológica para la identificación de sitios ambientalmente sensibles a los efectos de derrames de hidrocarburos a partir de oleoductos en la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.

VULNERABILIDAD DEL ÁREA INUNDABLE

El 35.2% del total del área analizada corresponde a los niveles muy alto (I) y alto (II) de vulnerabilidad (cuadro D.4.1), lo cual pueden interpretarse como vulnerabilidad de las áreas inundables, ya que en ellas los derrames (dependiendo de su magnitud y duración) serían rápida y ampliamente dispersados y afectarían no sólo a los ríos y las lagunas que formen parte de su trayectoria sino a los geosistemas asociados, específicamente los humedales (incluyendo manglares); por ello su atención deberá ser inmediata y dirigida a detener la fuga en su origen lo más pronto posible y a interceptar el flujo de hidrocarburos. Los efectos a largo plazo dependerán en gran medida de lo oportuno de esta primera intervención.

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. irenes@igg.unam.mx.

En términos de geosistemas, el nivel de vulnerabilidad muy alto (I) incorpora la planicie acumulativa de bajos inundados permanentemente (vegetación hidrófila); en tanto que en la vulnerabilidad alta (II) quedan incluidos el manglar y la planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre (vegetación hidrófila y pastizales inundables). Los manglares resultaron bajo estos criterios levemente más protegidos a potenciales derrames que otro tipo de humedales. La diferencia se da porque en las zonas de vulnerabilidad muy alta los hidrocarburos pueden extenderse más, pues los bajos están inundados permanentemente, mientras que en el nivel de vulnerabilidad alto (II) la dispersión del derrame está condicionada a los hidroperiodos; es decir, a los cambios estacionales de la humedad en el suelo.

VULNERABILIDAD DEL ÁREA POCO O NO INUNDABLE

Las categorías de vulnerabilidad media (III), baja (IV) y muy baja (V) pueden interpretarse como las vulnerabilidades de terrenos de bajo a nulo potencial de inundación y por tanto más dependientes de los criterios de relieve-pendiente y permeabilidad.

La vulnerabilidad media (III) cubre un 15% del área total y agrupa un sólo geosistema, la selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria, que si bien tiene una distribución muy dispersa en la zona, hay fragmentos con muy buena recuperación susceptibles de rescate. Este geosistema parece ser especialmente vulnerable debido a la gran cantidad de pozos petroleros e infraestructura asociada que alberga. La susceptibilidad a derrames se agrava dado su relieve irregular, con carencia de accesos rápidos y directos, lo cual dificulta o retrasa la atención de una eventual emergencia. Esta característica impide la aplicación de prácticas de atención uniformes ya que los bajos entre lomeríos pueden actuar como una red de pequeñas trampas de captación, requiriendo atención prácticamente individualizada.



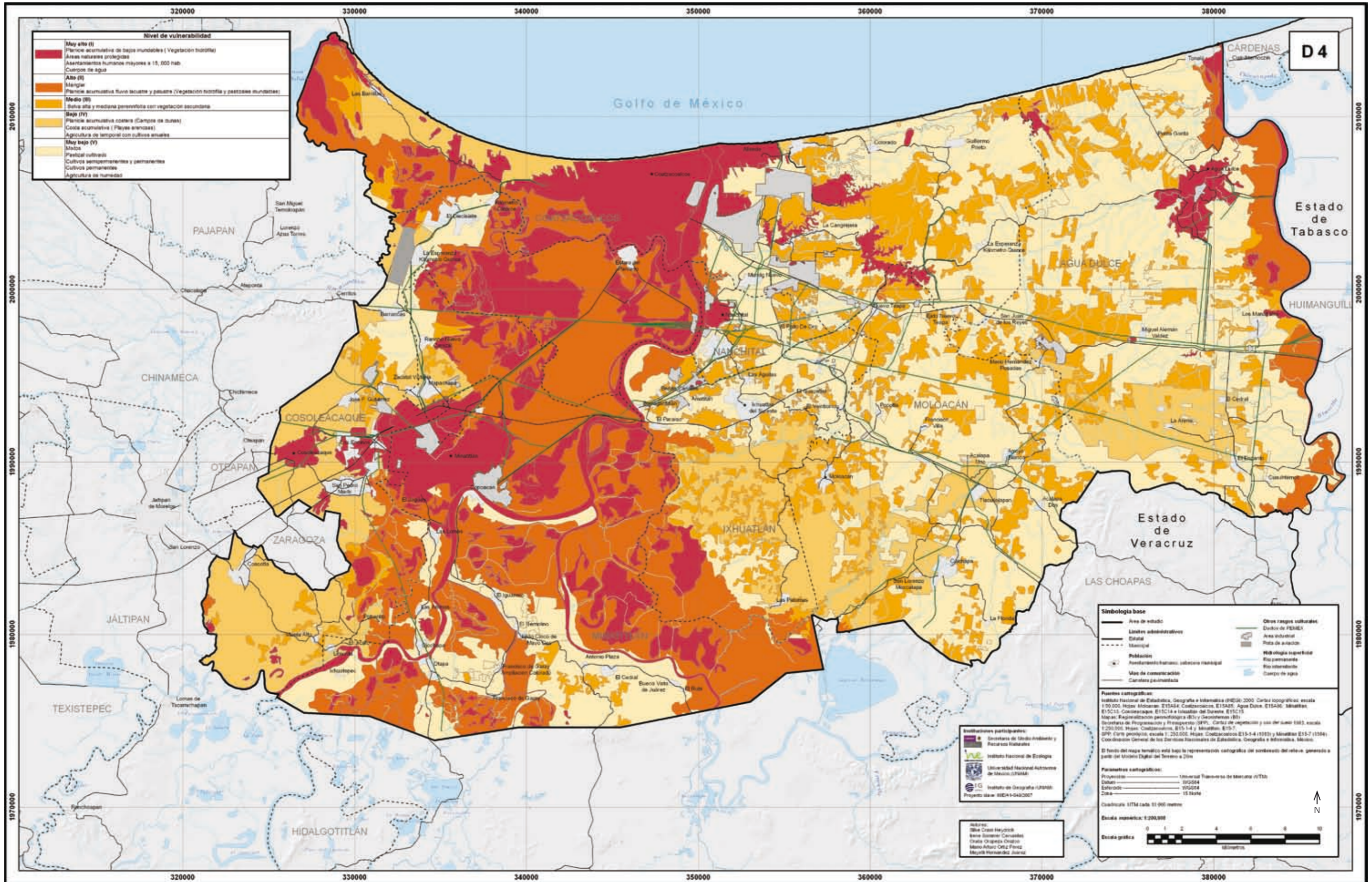
Basurero a cielo abierto a un costado de la carretera hacia el municipio de Ixhuatlán del Sureste (cortesía de Mayelli Hernández.)

La vulnerabilidad baja (IV) agrupa tres geosistemas: la planicie acumulativa costera (campos de dunas), la costa acumulativa (playas arenosas) y la agricultura de temporal con cultivos anuales, los cuales cubren el 13.1% del área estudiada. En términos de área total es muy similar a la categoría anterior, y dado que incluye diferentes geosistemas, es difícil atribuir la vulnerabilidad que les es propia a una sola característica. Por un lado, se manifiesta claramente el efecto físico de la permeabilidad (dunas y playas) que facilitan la penetración de los hidrocarburos y los hacen más difíciles de limpiar, lo cual demanda un sistema más enérgico para remover los residuos, por lo que se esperan efectos a largo plazo en estos ambientes. Por otro lado, aparece

el primer geosistema definido por la actividad humana, la agricultura de temporal, que resulta particularmente sensible por la desprotección de las personas que lo ocupan (alto índice de marginalidad), así como lo susceptible que son sus pertenencias (terrenos de labor) y su actividad (agricultura).

La vulnerabilidad muy baja (V) ocupa el 33% del total del área estudiada y corresponde a los espacios más resistentes a los efectos de un derrame de hidrocarburos. Incluye los siguientes geosistemas: mixto; pastizales cultivados e inducidos; agricultura de humedad; cultivos semipermanentes y permanentes; y cultivos permanentes. Este grupo está constituido casi exclusivamente por agroecosistemas, salvo el

Vulnerabilidad, escenario compuesto

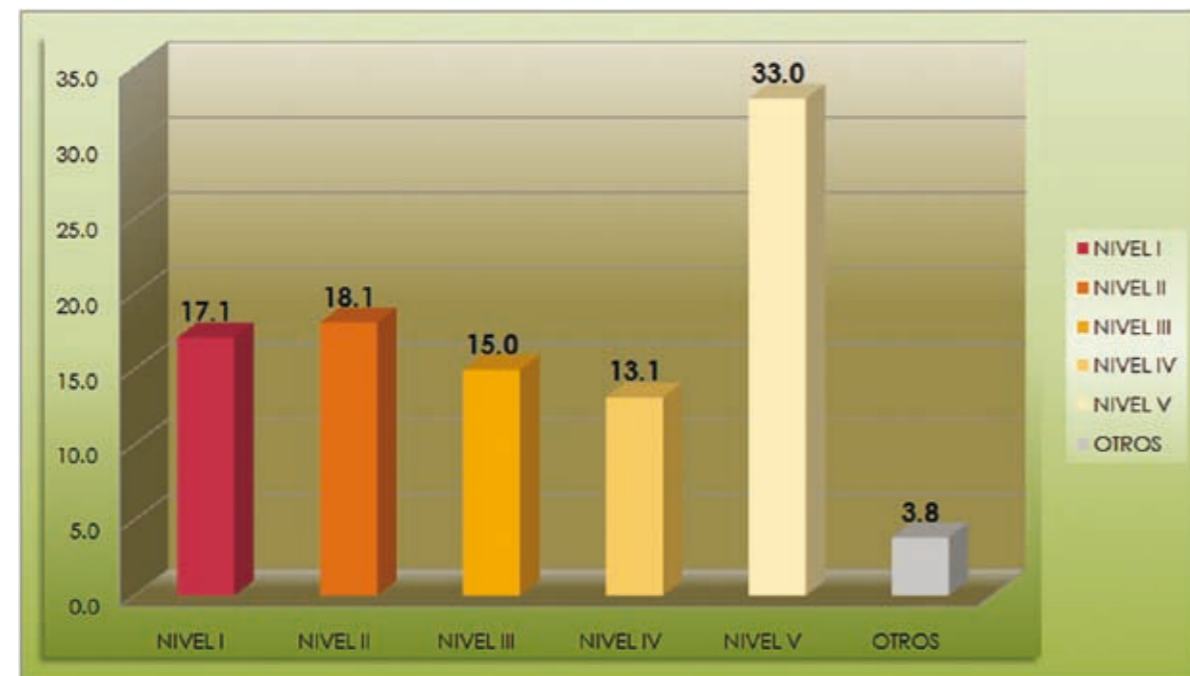


CUADRO D.4.1. GEOSISTEMAS Y SUPERFICIE ABARCADA POR CATEGORÍA DE VULNERABILIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

| Nivel de vulnerabilidad | Geosistemas incluidos | Área (km ²) | Porcentaje |
|-------------------------|---|-------------------------|------------|
| Muy alto (I) | Planicie acumulativa de bajos inundables (vegetación hidrófila) Áreas naturales protegidas Asentamientos humanos > 15 000 hab. Cuerpos de agua | 303.88 | 17.1 |
| Alto (II) | Manglar Planicie acumulativa fluvio lacustre y palustre (vegetación hidrófila y pastizales inundables) | 321.41 | 18.1 |
| Medio (III) | Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria | 265.91 | 15.0 |
| Bajo (IV) | Planicies acumulativas costeras (campos de dunas) Costa acumulativa (playas arenosas) Agricultura de temporal con cultivos anuales | 233.24 | 13.1 |
| Muy bajo (V) | Pastizal cultivado Mixtos Agricultura de humedad Agricultura de cultivos semipermanente y permanentes Cultivos permanentes | 585.26 | 33.0 |
| | Otros | 68.26 | 3.8 |
| | Total del área | 1775.91 | 100 |

Nota: "Otros" se refiere a los geosistemas tecnógenos-industriales y urbanos o rurales que tienen una expresión areal pero que no se incluyeron en el análisis de la vulnerabilidad.

FIGURA D.4.1. PORCENTAJE DEL ÁREA DE ESTUDIO OCUPADA POR CADA CATEGORÍA DE VULNERABILIDAD.



geosistema mixto. Ni las características físicas ni las biológicas son relevantes para su definición, pero de las socioeconómicas es particularmente importante el hecho de que dependen de la producción de la tierra, lo que determina su vulnerabilidad.

En la cuadro D.4.1 se presentan los geosistemas correspondientes a cada categoría y su superficie ocupada y en la figura D.4.1 la superficie y el porcentaje del área de estudio ocupado por cada nivel de vulnerabilidad. En la gráfica presentada destaca sobre todo que la mayor proporción corresponde a los niveles de vulnerabilidad muy bajos, esto debe tomarse con cautela ya que no hay que pasar por alto que la zona de estudio está inserta en un área de alta vulnerabilidad a nivel nacional (Oropeza y Enríquez, 2003).

REFERENCIAS

Oropeza, O. y C. Enríquez. 2003. Principales Problemas Ambientales y Riesgos. Clave VI.7, escala 1:1 000 000. En Sánchez M. T. y Oropeza O. (coordinadoras). *Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec*. Versión digital. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

D.5. DENSIDAD DE DUCTOS DE PEMEX POR GEOSISTEMAS

Oralia Oropeza Orozco¹ y
Mayelli Hernández Juárez²

El sistema de ductos que atraviesa y transporta diversos productos derivados de la actividad petrolera constituye una amenaza para los recursos naturales, la población y sus bienes. El cálculo de la longitud de ductos petroleros por unidad de área (km²) nos proporciona una aproximación al peligro que la densidad de éstos puede representar a la salud de la población y al ambiente en la zona de estudio.

Por lo anterior, el objetivo de este mapa es mostrar los niveles de densidad de ductos petroleros sobre los 22 geosistemas de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, a fin de revelar qué proporción de la superficie de cada uno de éstos puede ser afectada ante la posibilidad de una contingencia provocada por fugas, derrames o explosiones.

La elaboración de este mapa requirió de los insumos cartográficos de la red de ductos petroleros, extraída de las cartas topográficas del INEGI (2000), escala 1:50 000, complementada con la cartografía similar proporcionada por las autoridades del municipio de

Nanchital (1996) y del mapa de geosistemas elaborado para este proyecto (mapa B.8).

Para realizar el mapa, primero se llevó a cabo un reconocimiento visual de la cartografía de la red de ductos petroleros sin distinguirlos por el tipo de producto que transportan (petróleo crudo, gas, gasolina, etc.). Se observó que su distribución no es homogénea en toda el área y que existen grandes extensiones que no son cruzadas por dicha red. Posteriormente, se construyó un mapa con una red ortogonal (malla) con celdas de 25 km².

La densidad de ductos petroleros se estableció por su longitud (km) entre la unidad de área considerada (25 km²), y a partir de los valores obtenidos se definieron cinco niveles de densidad, el nivel muy alto es mayor a 12.8 km/25 km², y el más bajo corresponde a un intervalo de 0.78 a 3.1 km/25 km² (cuadro D.5.1).

Las celdas con el nivel muy alto de densidad de ductos petroleros se localizan principalmente en las zonas donde se concentran las instalaciones industriales más importantes, en el este, sur y sureste de Coatzacoalcos, en Nanchital y Mundo Nuevo; entre Minatitlán y Cosoleacaque; al suroeste de Agua Dulce y al noreste de Cuichapa. Las zonas relevantes con valores altos se encuentran entre Minatitlán y Nanchital, en Cosoleacaque y Nuevo Teapa.

A continuación, se realizó un análisis espacial a través de la superposición de los mapas de la densidad de ductos petroleros y el de los geosistemas, con el

CUADRO D.5.1. DENSIDAD DE DUCTOS DE PEMEX POR UNIDAD DE ÁREA EN LA CUENCA BAJA DE LOS RÍOS COATZACOALCOS Y TONALÁ.

| Niveles | Densidad de ductos km/25 km ² |
|----------|--|
| Muy alto | > 12.8 |
| Alto | 8 – 12.7 |
| Medio | 5.2 – 7.9 |
| Bajo | 3.2 – 5.1 |
| Muy bajo | 0.78 – 3.1 |



Válvulas el Polvorín en Cosoleacaque, Ver (cortesía de José María Casado)

propósito de establecer al interior de cada unidad de retícula los porcentajes de cada geosistema por los que atraviesan los sistemas de ductos.

Los geosistemas con los mayores porcentajes del nivel de densidad muy alto son los pastizales cultivados e inducidos (22.44%), los mixtos (17.77%), los urbanos, rural-urbanos y rurales (14.99%) y la selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria (13.80%) (cuadro D.5.2).

El nivel de densidad alto predomina en los pastizales cultivados e inducidos (33.84%). También está presente en el 19% de la planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre, en el 15.37% de las zonas agrícolas de temporal con cultivos anuales y en el 11.28% de la selva alta y

mediana perennifolia con vegetación secundaria, del total de superficie por donde pasan ductos.

El nivel de densidad media de ductos petroleros presenta los porcentajes más altos de superficie en los geosistemas de pastizales cultivados e inducidos (26.9%), selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria (18.24%), agricultura de temporal con cultivos anuales (15.33%) y la planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre (11.41%).

Mientras que para los niveles de densidad baja y muy baja, los mayores porcentajes de superficie atravesada por ductos, se presentan en el geosistema de pastizal cultivado e inducido, con 26.10% para la categoría baja y 30.31% para la categoría muy baja.

¹Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. orooro@igg.unam.mx

²Laboratorio de Análisis Geoespacial, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Como se puede observar, el geosistema de pastizal cultivado e inducido cubre los mayores porcentajes de superficie de los cinco niveles de densidad de ductos petroleros. Por su parte, en el geosistema urbano, mixto rural urbano y rural se presentan predominantemente valores de densidad de ductos muy alto, muy bajo y bajo. La selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria presenta niveles medio y muy

alto de densidad de ductos. En las planicies acumulativas fluvio-lacustres y palustres los niveles de densidad más significativos de acuerdo al porcentaje de superficie que cubren, corresponden a alto y bajo.

En conclusión, este mapa constituye una visión sinóptica de la distribución y concentración de la amenaza que representan los ductos petroleros. Es una aproximación que permite identificar las áreas y los

geosistemas que necesitan atención prioritaria, desde el punto de vista de la protección civil y de la protección del medio ambiente.

REFERENCIAS

Ayuntamiento Constitucional de la Ciudad de Nanchital de Lázaro Cárdenas-PEMEX. 1996. *Plan Municipal de*

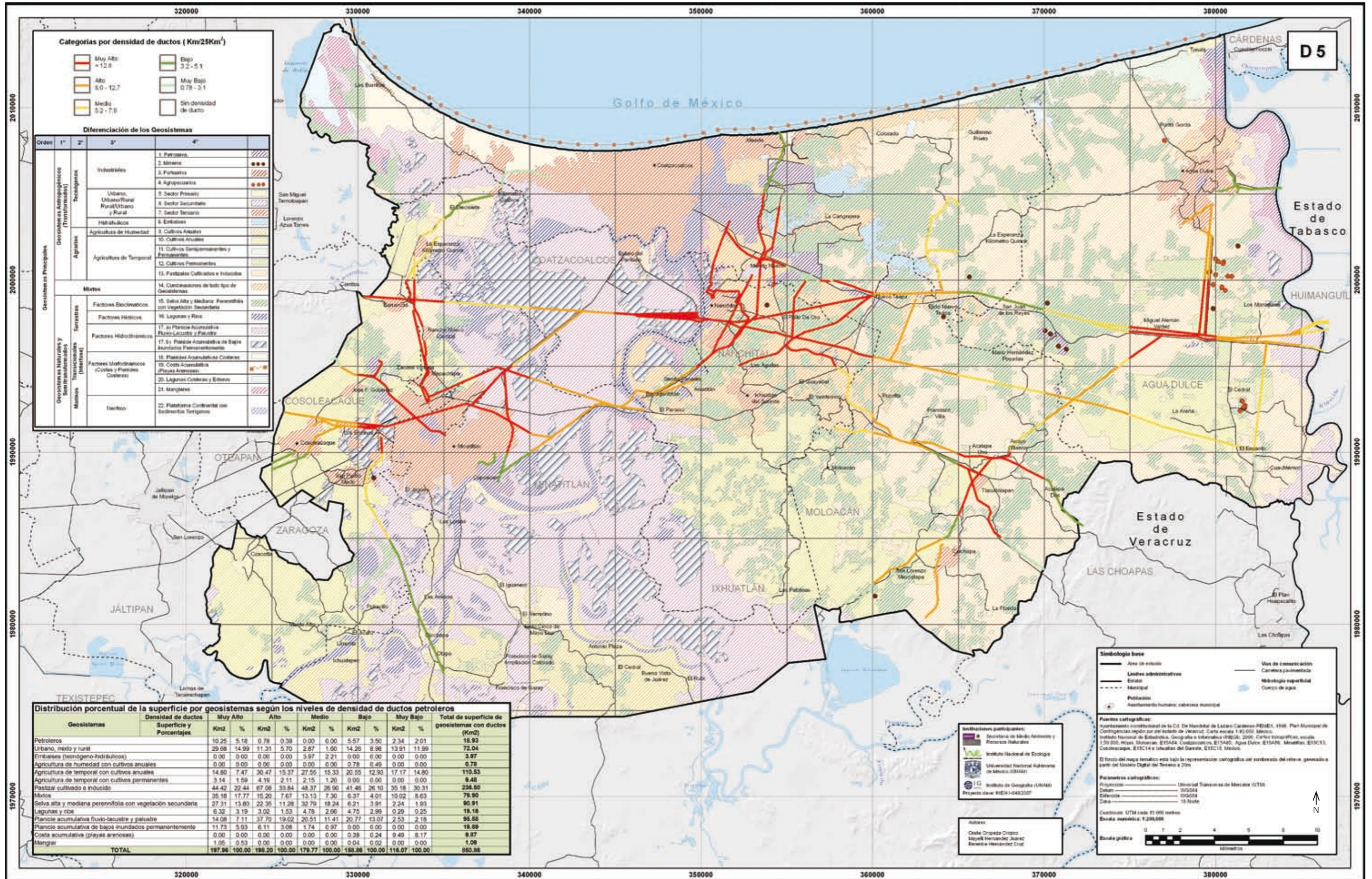
Contingencias región sur del estado de Veracruz, Carta escala 1:40 000. México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2000. *Cartas topográficas*, escala 1:50 000, Hojas: Moloacán, E15A84; Coatzacoalcos, E15A85; Agua Dulce, E15A86; Minatitlán, E15C13; Cosoleacaque, E15C14; Ixhuatlán del Sureste, E15C15. México.

CUADRO D.5.2. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA SUPERFICIE DE LOS GEOSISTEMAS, SEGÚN LOS NIVELES DE DENSIDAD DE DUCTOS PETROLEROS.

| Geosistemas | Densidad de ductos | Muy Alto | | Alto | | Medio | | Bajo | | Muy Bajo | | Total de superficie de geosistemas con ductos (km ²) | |
|---|--------------------|--------------------------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|----------|-----------------|--|--------|
| | | Superficie y porcentajes | km ² | % | km ² | % | km ² | % | km ² | % | km ² | | % |
| Petroleros | | | 10.25 | 5.18 | 0.78 | 0.39 | 0.00 | 0.00 | 5.27 | 3.50 | 2.34 | 2.01 | 18.93 |
| Urbano, mixto y rural | | | 29.68 | 14.99 | 11.31 | 5.70 | 2.87 | 1.60 | 14.26 | 8.98 | 13.91 | 11.99 | 72.04 |
| Embalses (tecnógeno-hidráulico) | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.97 | 2.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.97 |
| Agricultura de humedad con cultivos anuales | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.78 | 0.49 | 0.00 | 0.00 | 0.78 |
| Agricultura de temporal con cultivos anuales | | | 14.80 | 7.47 | 30.47 | 15.37 | 27.55 | 15.33 | 20.55 | 12.93 | 17.17 | 14.80 | 110.53 |
| Agricultura de temporal con cultivos permanentes | | | 3.14 | 1.59 | 4.19 | 2.11 | 2.15 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.48 |
| Pastizal cultivado e inducido | | | 44.42 | 22.44 | 67.08 | 33.84 | 48.37 | 26.90 | 41.46 | 26.10 | 35.18 | 30.31 | 236.50 |
| Mixtos | | | 35.18 | 17.77 | 15.20 | 7.67 | 13.13 | 7.30 | 6.37 | 4.01 | 10.02 | 8.63 | 79.90 |
| Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria | | | 27.31 | 13.80 | 22.35 | 11.28 | 32.79 | 18.24 | 6.21 | 3.91 | 2.24 | 1.93 | 90.91 |
| Lagunas y ríos | | | 6.32 | 3.19 | 3.02 | 1.53 | 4.78 | 2.66 | 4.75 | 2.99 | 0.29 | 0.25 | 19.16 |
| Planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre | | | 14.08 | 7.11 | 37.70 | 19.02 | 20.51 | 11.41 | 20.77 | 13.07 | 2.53 | 2.18 | 95.58 |
| Planicie acumulativa de bajos inundados permanente | | | 11.73 | 5.93 | 6.11 | 3.08 | 1.74 | 0.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 19.59 |
| Costa acumulativa (playas arenosas) | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.38 | 0.24 | 9.49 | 8.17 | 9.87 |
| Manglar | | | 1.05 | 0.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 1.09 |
| Total | | | 197.96 | 100.00 | 198.20 | 100.00 | 179.77 | 100.00 | 158.86 | 100.00 | 116.07 | 100.00 | 850.86 |

Densidad de ductos de PEMEX por geosistemas



Categorías por densidad de ductos (Km/25Km²)

| | |
|--------------------|--------------------------|
| Muy Alto = 12.8 | Bajo 3.2 - 5.1 |
| Alto 8.0 - 12.7 | Muy Bajo 0.78 - 3.1 |
| Medio 5.2 - 7.9 | Sin densidad de ducto |

Diferenciación de los Geosistemas

| Orden | 1° | 2° | 3° | 4° |
|-------------------------|--|---|------------------|-----------------|
| Geosistemas Principales | Geosistemas Antropogénicos (Transformados) | Tecnologías | 1. Petroleros | [Hatched] |
| | | | 2. Mineros | [Dotted] |
| | | | 3. Pastos | [Diagonal] |
| | | | 4. Agropecuarios | [Cross-hatched] |
| Geosistemas Principales | Agriculturas | 5. Sector Privado | [Diagonal] | |
| | | 6. Sector Secundario | [Diagonal] | |
| | | 7. Sector Tercero | [Diagonal] | |
| | | 8. Embalses | [Diagonal] | |
| Geosistemas Principales | Mitos | 9. Cultivos Anuales | [Diagonal] | |
| | | 10. Cultivos Anuales | [Diagonal] | |
| | | 11. Cultivos Temporales y Permanentes | [Diagonal] | |
| | | 12. Cultivos Permanentes | [Diagonal] | |
| Geosistemas Principales | Mitos | 13. Cultivos Cultivados e Inducidos | [Diagonal] | |
| | | 14. Cultivos de todo tipo de Geosistemas | [Diagonal] | |
| | | 15. Selva Alta y Mediana Perennifolia con Vegetación Secundaria | [Diagonal] | |
| | | 16. Lagunas y Ríos | [Diagonal] | |
| Geosistemas Principales | Mitos | 17. si Planicie Acumulativa Fluvio-lacustre y Palustre | [Diagonal] | |
| | | 17. si Planicie Acumulativa de Bajas Inundadas Permanentemente | [Diagonal] | |
| | | 18. Planicies Acumulativas Costeras | [Diagonal] | |
| | | 19. Costa Acumulativa (Playas Arenosas) | [Diagonal] | |
| Geosistemas Principales | Mitos | 20. Lagunas Costeras e Esteros | [Diagonal] | |
| | | 21. Manglar | [Diagonal] | |
| | | 22. Plataforma Continental con Substratos Terrestres | [Diagonal] | |
| | | 23. Manglar | [Diagonal] | |

Distribución porcentual de la superficie por geosistemas según los niveles de densidad de ductos petroleros

| Geosistemas | Muy Alto | | Alto | | Medio | | Bajo | | Muy Bajo | | Total de superficie de geosistemas con ductos (Km ²) |
|---|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|--|
| | Km ² | % | Km ² | % | Km ² | % | Km ² | % | Km ² | % | |
| Petroleros | 10.25 | 5.18 | 0.78 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 5.57 | 3.50 | 2.34 | 2.01 | 15.93 |
| Urbano, mixto y rural | 29.68 | 14.99 | 11.31 | 5.70 | 2.87 | 1.60 | 14.28 | 8.98 | 13.91 | 11.99 | 72.04 |
| Embarques (tecnogénico-hidrográficos) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.97 | 2.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.97 |
| Agricultura de humedad con cultivos anuales | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.78 | 0.49 | 0.00 | 0.00 | 0.78 |
| Agricultura de temporal con cultivos anuales | 14.80 | 7.47 | 30.47 | 15.37 | 27.55 | 13.33 | 20.55 | 12.93 | 17.17 | 14.80 | 110.53 |
| Agricultura de temporal con cultivos permanentes | 3.14 | 1.59 | 4.18 | 2.11 | 2.15 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.48 |
| Pastizal cultivado e inducido | 44.42 | 22.44 | 87.06 | 33.84 | 48.37 | 26.96 | 41.46 | 26.10 | 35.18 | 30.31 | 238.50 |
| Mixtos | 35.18 | 17.77 | 15.20 | 7.67 | 13.13 | 7.30 | 6.37 | 4.01 | 10.02 | 8.63 | 79.90 |
| Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria | 27.31 | 13.80 | 22.35 | 11.28 | 32.79 | 18.24 | 6.21 | 3.91 | 2.24 | 1.93 | 90.91 |
| Lagunas y ríos | 6.32 | 3.19 | 3.02 | 1.53 | 4.78 | 2.66 | 4.75 | 2.99 | 0.29 | 0.25 | 19.16 |
| Planicie acumulativa fluvio-lacustre y palustre | 14.08 | 7.11 | 37.70 | 19.02 | 20.51 | 11.41 | 20.77 | 13.07 | 2.53 | 2.18 | 95.58 |
| Planicie acumulativa de bajas inundadas permanentemente | 11.73 | 5.93 | 6.11 | 3.08 | 1.74 | 0.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 19.89 |
| Costa acumulativa (playas arenosas) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.38 | 0.24 | 9.49 | 8.17 | 9.87 |
| Manglar | 1.05 | 0.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 1.08 |
| TOTAL | 197.98 | 100.00 | 188.20 | 100.00 | 179.77 | 100.00 | 188.88 | 100.00 | 116.07 | 100.00 | 850.88 |

Simbología base

- Área de estudio
- Límites administrativos
- Estado
- Municipal
- Población
- Asentamiento humano; cabecera municipal
- Vías de comunicación
- Carretera pavimentada
- Hidrología superficial
- Cuerpo de agua

Fuentes cartográficas:

Apuntes cartográficos de la C.E. De Mandat de Lázaro Cárdenas-REDEC, 1996. Plan Municipal de Cotzumalquén según el estado de Veracruz. Carta escala 1:40,000. México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2000. Carta topográfica, escala 1:50,000. Hojas: Minerales, E15A4, Coatzacoalcos, E15A6, Agua Dulce, E15A8, Minatitlán, E15C11, Coatzacoalcos, E15C14 e Ixcatlan de Guzmán, E15C15, México.

Proyectos cartográficos:

Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: WGS84
Elevación: 1984
Escala: 1:50,000

Coordenadas UTM cada 100,000 metros
Escala numérica: 1:200,000

Banda gráfica

0 1 2 4 6 8 10
kilómetros

Instituciones participantes:

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Instituto Nacional de Ecología
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Instituto de Geografía (UNAM)
- Proyecto clave: IIGI-1-048/2007

Autores:

- Osvaldo Ordoñez Chávez
- Miguel Hernández Juárez
- Berenice Hernández Cruz

E.1. INFRAESTRUCTURA VIAL PARA RUTAS DE EVACUACIÓN

Luis Chias Becerril¹,
Lourdes Hermosillo Plascencia¹ y
Héctor Reséndiz López¹

Entre las preocupaciones fundamentales a considerar en las zonas de riesgo ambiental y sociorganizativo destaca la evacuación de la población que puede ser potencialmente afectada. En situaciones de conflicto, la infraestructura y los servicios de transporte resultan estratégicos para poder evacuar con rapidez y seguridad a los habitantes bajo riesgo.

Por esta razón, el objetivo de este mapa es analizar la red carretera (pavimentada, brechas y terracerías) e identificar las rutas que pueden servir como vías seguras para la evacuación de los habitantes amenazados por riesgos derivados de la infraestructura petrolera (instalaciones, ductos y pozos petroleros). Para el desarrollo de esta cartografía, se realizó el procedimiento metodológico que se describe a continuación.

Primero se actualizó la red carretera (pavimentada y terracería) del INEGI (2000a), para lo cual se utilizó la red de caminos pavimentados del Inventario de Infraestructura del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte (IMT, 2007), correspondiente al estado de Veracruz. A la red generada se le dio estructura

topológica, con el fin de verificar y comprobar su complementariedad y, sobre todo, su conectividad.

Posteriormente, se seleccionaron los elementos de la industria del petróleo (INEGI, 2000b), que pueden afectar tanto a los recursos naturales como a la población e infraestructura de todo tipo. De esta manera, se identificaron y ubicaron las instalaciones petroleras (refinería y almacenamiento), pozos y red de ductos.

Para saber donde se ubica y concentra la infraestructura petrolera, se realizó un análisis de densidad a partir de una malla de 1 km², que cubre y permite representar de manera homogénea y con buen nivel de resolución espacial la presencia-ausencia de ese tipo de infraestructura en toda la zona de estudio. A cada cuadro de la malla se le asignó un identificador único (ID) para facilitar el manejo de la información. Posteriormente, se realizó un proceso de superposición de los dos mapas mediante el método de intersección espacial; el resultado permitió conocer la intensidad de ocupación de la infraestructura petrolera.

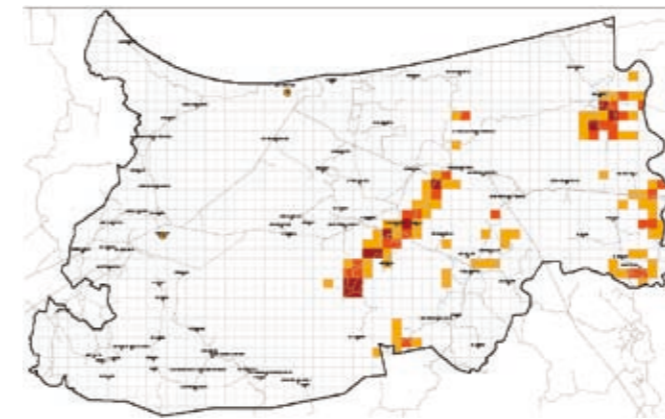
Finalmente, para la interpretación de los resultados se definieron intervalos con valores de mayor a menor densidad, lo que permitió tener un conocimiento cuantitativo y cualitativo de la densidad con que se presentan este tipo de instalaciones sobre cada km² de la región estudiada.

En el caso de los pozos petroleros se seleccionaron tres categorías de densidad, que permitieron identificar las zonas con mayor número de éstos (figura E.1.1).

La figura E.1.1 muestra la concentración de los pozos petroleros identificados en dos áreas bien definidas. La primera registra la mayor densidad y corresponde al corredor que se ubica paralelo a la autopista en el tramo que parte de la localidad de Nuevo Teapa hacia el sureste hasta Moloacán. Las localidades cercanas a este corredor se caracterizan por ser rurales de menos de 2000 habitantes.

FIGURA E.1.1. DENSIDAD DE POZOS POR CELDAS DE 1 KM².

| Densidad | No. de pozos | Nivel |
|----------|--------------|-------|
| Alta | Más de 7 | 3 |
| Media | 3 a 6 | 2 |
| Baja | Menos de 3 | 1 |



La segunda zona presenta densidades de medias a bajas y se localiza al este de la zona de estudio. Se caracteriza por tener una estructura tipo conglomerado, subdividida en los siguientes tres: el primer conglomerado se localiza al noreste de la zona de estudio en torno a localidad urbana de Agua Dulce; el segundo se ubica al centroeste cerca de las localidades de Los Manantiales y El Cidral; y el tercer conglomerado se encuentra al sureste del área de estudio, cerca de localidades como El Encanto, Cuauhtémoc y Las Choapas. Además, existe una zona dispersa de bajas densidades entre el corredor y los conglomerados como se aprecia en el mapa.

Para conocer la densidad de los ductos petroleros, se consideró su longitud sobre las unidades de la superficie estudiada (km²/km) (figura E.1.2).

La figura E.1.2 muestra la intensidad de ocupación espacial de la red de ductos petroleros, la cual tiene dos funciones primordiales, conectar a los pozos con las refinerías y enlazar a esta región con otras zonas petroleras aledañas.

La distribución espacial de los ductos tiene una estructura similar a la de la red carretera, y presenta la mayor densidad en donde se encuentran las principales industrias petroleras en las localidades urbanas de

FIGURA E.1.2. DENSIDAD DE DUCTOS PETROLEROS POR CELDAS DE 1 KM².

| Densidad | km/km ² | Nivel |
|----------|--------------------|-------|
| Alta | 1.65 a 5.00 | 3 |
| Media | 0.50 a 1.65 | 2 |
| Baja | 0.01 a 0.50 | 1 |



Nachitlán, Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque. Otro nodo de alta densidad es el que se ubica al este de la zona de estudio, el cual parte de Agua Dulce a las Choapas, con un ramal hacia Cuichapa.

Es importante señalar que la distribución de la red de ductos abarca el 20% de la zona, que es donde se ubica el 80% de la población. Por lo que existe un riesgo importante de afectación a los habitantes y a las vías de comunicación esenciales para la evacuación en caso de registrarse un siniestro.

Para analizar la densidad de las áreas industriales, se obtuvo la superficie ocupada por celda (km²/km²) (figura E.1.3).

Este mapa refleja la concentración de la industria petrolera, básicamente en las localidades urbanas. Por lo que la mayor densidad se ubica cerca de Coatzacoalcos, Minatitlán y, en menor medida, Agua Dulce y Nanchital. Las densidades medias se encuentran asociadas a las localidades cercanas a los centros urbanos ya mencionados.

La distribución espacial de estas instalaciones, por su cercanía a los principales núcleos de población, representa en sí un factor de riesgo para la población; sin embargo,

¹Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. lchias@yahoo.com.

Infraestructura vial para rutas de evacuación

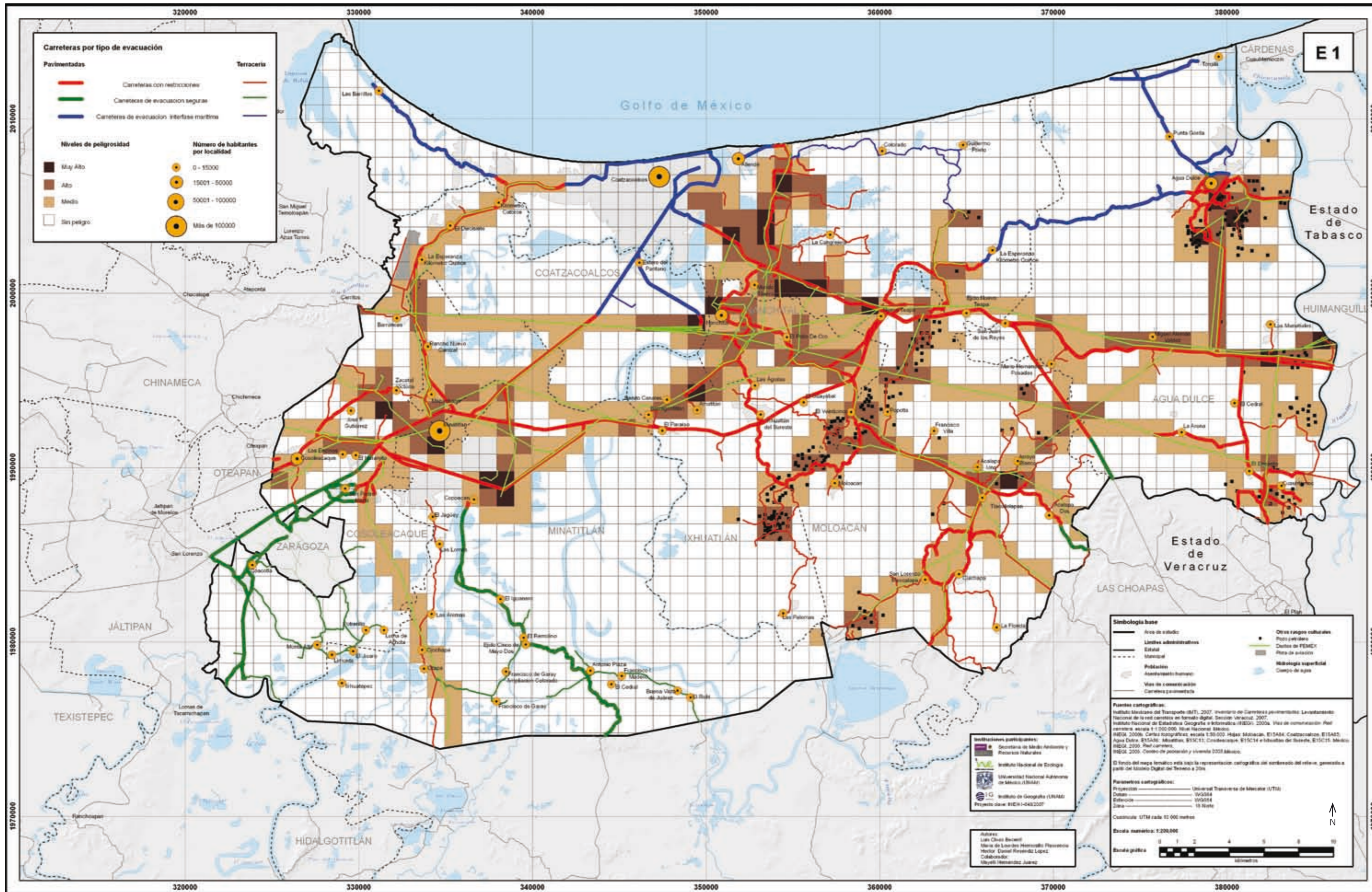
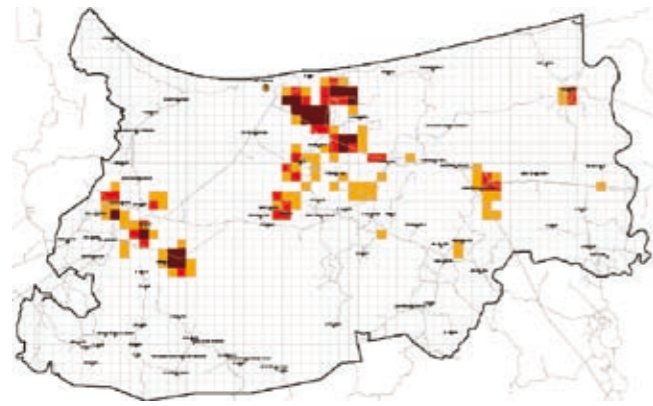


FIGURA E.1.3. DENSIDAD DE ÁREAS INDUSTRIALES POR CELDAS DE 1 KM².

| Densidad | km ² /km ² | Nivel |
|----------|----------------------------------|-------|
| Alta | 0.44 a 0.99 | 3 |
| Media | 0.13 a 0.44 | 2 |
| Baja | 0.01 a 0.13 | 1 |



en caso de una amenaza existen vías de comunicación que permitirán elaborar y sustentar programas de evacuación en primer lugar hacia las zonas portuarias y en segundo hacia localidades de la periferia.

Con esta información geográfica se realizó un proceso de tipificación para identificar qué cuadrículas de la malla tenían los valores más altos en los tres casos (cuadro E.1.1.1).

CUADRO E.1.1.1. EJEMPLO DE LA TIPIFICACIÓN DE ACUERDO A LOS VALORES MÁS ALTOS (TRES CARACTERÍSTICAS)

| ID | Industria | Ductos | Pozos | Tipo |
|-----|-----------|--------|-------|------|
| 666 | 3 | 3 | 0 | 6 |
| 602 | 3 | 2 | 0 | 5 |
| 987 | 3 | 0 | 2 | 5 |

Como resultado de la tipificación se obtuvieron cuatro niveles de densidad de instalaciones petroleras (DIP) que determinan, de mayor a menor grado, la intensidad de la amenaza, a partir de la presencia o ausencia de ductos, pozos e instalaciones petroleras (cuadro E.1.2).

Las áreas cuyas cuadrículas carecen de infraestructura petrolera se clasificaron como territorios sin amenazas.

CUADRO E.1.2. DENSIDAD DE INSTALACIONES PETROLERAS.

| Valores de densidad | Densidad |
|---------------------|----------|
| 5-6 | Muy Alta |
| 3-4 | Alta |
| 1-2 | Media |
| 0 | Nula |

Con la superposición de los mapas de la densidad de instalaciones petroleras y el de la red carretera, se construyó este mapa en el que se identificaron y clasificaron los segmentos de la red carretera de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá de la siguiente manera:

RUTAS DE EVACUACIÓN SEGURAS

Representadas por las carreteras que no se intersectan con algún nivel de DIP. Ubicadas sobre todo en el suroeste de la zona estudiada y que pueden servir para transportar, de forma segura, a la población amenazada hacia otros sitios fuera de peligro ante la eventualidad de un accidente petrolero.

RUTAS DE EVACUACIÓN CON INTERFASE MARINA

En este caso se tienen carreteras que no se intersectan con infraestructura petrolera, se ubican sobre todo en el norte de la zona bajo estudio y son útiles cuando se trata de programar acciones de evacuación de la población y se requiera el apoyo de los servicios de transporte marítimo.

RUTAS CON RESTRICCIONES

Corresponden a las carreteras que se ubican preferentemente en la parte central de la zona de estudio y que se encuentran cerca o sobre áreas que registran alguno de los tres niveles de densidad referente a la infraestructura petrolera (pozos, ductos y áreas industriales).

La representación gráfica de la densidad de instalaciones petroleras y de la red carretera permite visualizar, en primer lugar, que la zona de estudio tiene conexiones viales suficientemente extensas para programar acciones eficaces de evacuación; pero también tiene niveles altos de amenaza, derivados de la ubicación y frecuencia con que se presenta la infraestructura petrolera en la zona de estudio.

Es en la porción central del área de estudio en la que se concentra el mayor riesgo a la población, el cual coincide con las localidades más importantes (por área y número de habitantes) y con las principales vías de comunicación; dos aspectos que deben considerarse para la construcción de un programa de evacuación masiva.

Afortunadamente, la suma de las áreas que registran los niveles más altos de densidad de instalaciones petroleras sólo representa el 1.1% de la superficie total de la zona de estudio. Además, estas instalaciones carecen de localidades contiguas y cuentan tan sólo con el 3.6% de las carreteras pavimentadas y el 1.7% de los caminos de terracería.

El 42% de la población (225 886 habitantes) está distribuida en 27 localidades (INEGI, 2006), que se encuentran cercanas a las áreas de niveles alto y medio de densidad de infraestructura petrolera. Además, el 53% de las carreteras (pavimentadas y terracerías) que integran la red vial de la región se localizan en las zonas con alta y media densidad de infraestructura petrolera. Por lo que es importante señalar que existe un alto porcentaje de habitantes que se localizan en áreas con altos niveles de riesgo.

Como lo revela el presente mapa, en la zona de estudio se identifican dos áreas con rutas seguras para la evacuación de la población si se llegara a presentar algún derrame. La primera se ubica en el centro-norte de la región, con la ventaja adicional de que se conecta con zonas portuarias que permitirían, en un momento dado, la evacuación marítima. En el trayecto de estas rutas se ubican tres ciudades con más de 25 000

habitantes, Coatzacoalcos, Allende y Nanchital; además de otras menores, tales como Kilómetro Catorce, El Diecisiete, La Esperanza, y Kilómetro Quince. Mientras que en el noreste se encuentra la otra ruta que permitiría la evacuación de los más de 40 000 habitantes que ocupan las localidades de Agua Dulce, La Esperanza y Nuevo Teapa.

Al suroeste de la cuenca baja de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá se localiza otra zona con rutas de evacuación seguras, que permitirían desalojar a la población de Minatitlán, que es la segunda localidad más importante de la región. Además, se identificó un tramo carretero, que inicia en la localidad de Copoacán, que puede ser utilizado para la evacuación de 17 localidades rurales del suroeste de la región.

Al sureste está otra zona que cuenta con caminos que permitirían evacuar a la población cercana o trabajadora de la zona de alta densidad de pozos, hacia el sureste.

El resto de la red carretera se encuentra dentro de zonas con niveles de densidad de infraestructura petrolera altos, por lo que el uso de estos tramos carreteros dependerá del tipo y ubicación de la amenaza y el riesgo, tanto para la evacuación de la población, como para programar el ingreso de los servicios de emergencia.

En general, la zona de estudio cuenta con buena cobertura carretera. Las principales localidades tienen incluso conexiones a través de caminos de cuota, puentes y otras alternativas federales; así como con caminos rurales revestidos y de terracería.

La región tiene una alta concentración de población en seis localidades, Coatzacoalcos, Minatitlán, Agua Dulce, Nanchital, Cosoleacaque y Allende (84% de la población), lo que focaliza la atención de los programas de evacuación hacia estas ciudades; mientras que el 15% de la población restante se encuentra dispersa en localidades de menos de 10 000 habitantes, patrón territorial que puede complicar su evacuación.

Se observa una alta concentración de infraestructura petrolera en la parte central, básicamente entre las localidades de Coatzacoalcos, Minatitlán y Agua Dulce,

lo cual puede facilitar la evacuación, ya que las carreteras son de cuota o federales de cuatro carriles; o puede complicar en otros momentos la evacuación en caso de que la amenaza petroleras dañe u obstruya alguna de estas vialidades.

También es una zona con características físicogeográficas que deben considerarse en los programa de prevención y auxilio. Por ejemplo, su sistema lacustre y fluvial también puede entrar en juego para organizar la evacuación en caso de emergencia; y por supuesto

los servicios de transporte aéreo y ferroviario, que no se consideraron en esta sección, pueden integrarse en los mismos.

REFERENCIAS

Instituto Mexicano del Transporte (IMT), 2007. Inventario de Carreteras pavimentadas. Levantamiento Nacional de la red carretera en formato digital. Sección Veracruz. México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2000a. Vías de comunicación: Red carretera. Escala 1:1 000 000. Nivel Nacional. México.

———. 2000b. *Cartas topográficas*, escala 1:50 000, Hojas: Moloacán, E15A84; Coatzacoalcos, E15A85; Agua Dulce, E15A86; Minatitlán, E15C13; Cosoleacaque, E15C14 e Ixhuatlán del Sureste, E15C15. México.

———. 2006. *Conteo de población y vivienda. México*. 2005.

GLOSARIO

- Acumulativo.** Acción por la que se depositan rocas, minerales o residuos orgánicos sobre la superficie de tierra firme o en una cuenca acuática. Es el proceso contrario a la erosión.
- Agricultura de humedad.** Agricultura en la que los cultivos aprovechan la humedad residual del suelo en zonas inundables al final de la época de lluvias o antes de ésta.
- Agricultura de temporal.** Agricultura en la que los cultivos reciben únicamente el agua de lluvia.
- Alisios.** Sistema de vientos relativamente constantes en dirección y velocidad que soplan en ambos hemisferios, desde los 30° de latitud hacia el ecuador con dirección noreste en el hemisferio norte y sureste en el hemisferio sur.
- Alteritas.** Porciones de la roca que han sido transformadas en grado diverso por procesos físicos, biológicos y químicos causados por los agentes ambientales.
- Aluvionamiento.** Proceso por el cual se depositan sedimentos formados por corrientes fluviales en el cauce y llanura de inundación de los valles fluviales.
- Anóxico.** Ambiente con muy bajos niveles de oxígeno durante la mayor parte del año.
- Arréico.** Con carencia de corrientes superficiales por la pérdida del agua debida a la alta capacidad de infiltración en sedimentos (medianos y gruesos) y de materiales rocosos (porosos, fracturados o agrietados) y a la evaporación.
- Asentamientos irregulares.** Grupos de construcciones fundamentalmente destinadas a vivienda que supone la ocupación o venta ilegal de lotes, generalmente pertenecientes a núcleos agrarios o a zonas de viviendas ubicadas en la periferia urbana o de población catalogada como de nivel socioeconómico muy bajo. Frecuentemente, estas áreas presentan serios déficits en lo que respecta a servicios e infraestructuras urbanas, problemas de calidad en las construcciones, sanitarios, hacinamiento e inseguridad, entre otros. Generalmente presentan problemas no resueltos desde el punto de vista legal y de la tenencia de terrenos y construcciones.
- Bermas.** Superficie de una playa ligeramente escalonada hacia el lado del mar.
- Cabotaje.** Navegación o tráfico que hacen los buques entre los puertos de su nación sin perder de vista la costa, o sea siguiendo derrota de cabo a cabo.
- Capacidad instalada.** Capacidad de producción especificada o planeada por el fabricante de una unidad de proceso o la máxima cantidad de un producto que puede elaborarse operando la planta a su máxima capacidad.
- Ciclón tropical.** Gran masa de aire cálida y húmeda con fuertes vientos que giran en forma de espiral alrededor de una zona de baja presión. Se originan en el mar entre las latitudes de 5° a 15°, tanto en el hemisferio norte como en el sur, en la época en que la temperatura del agua es mayor o igual a 26 °C. Cuando se ubican en el hemisferio norte giran en sentido contrario a las manecillas del reloj.
- Clima.** Estado más frecuente de las condiciones atmosféricas en un lugar determinado.
- Conurbación.** Conjunción de dos o más áreas urbanas, ciudades o pueblos, que han llegado a formar una sola extensión urbana continua.
- Corrimiento de tierras.** Se refiere a la inestabilidad de las laderas por procesos de remoción en masa.
- Corrosión.** Destrucción paulatina de los cuerpos metálicos por factores ambientales.
- Deflación.** Arrastre por el viento de partículas sueltas y finas (arenas y limos).
- Denudatorio.** Acción de rebajamiento del relieve a través de los mecanismos de acción en superficie, de forma planar o mantiforme, no concentrada. Forman un conjunto de procesos que sólo retocan el relieve, son de carácter lento.
- Derecho de vía.** Franja de terreno de anchura variable, cuyas dimensiones mínimas y máximas fija la autoridad correspondiente, que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, inspección y operación de una línea eléctrica, una línea de infraestructura, una vialidad o un ducto, entre otros. En el caso de los ductos utilizados por la industria petrolera, el derecho de vía lo fija Petróleos Mexicanos, en función del número y grosor de los ductos que pasan por un lugar determinado y de las sustancias transportadas.
- Derrame.** Es el escape de cualquier sustancia líquida o sólida o mezcla de ambas, de cualquier recipiente que lo contenga, como tuberías, equipos, tanques, camiones cisterna, carros tanque, furgones, etc.
- Desempleo abierto.** Población de 12 y más años de edad que en la semana de la entrevista no tenía empleo y realizó, en los dos meses anteriores al período de referencia, alguna actividad para encontrarlo.
- Deluvial.** Materiales que han sido intemperizados, removidos y depositados en las laderas y al pie de las mismas. Se produce por escurrimiento de origen pluvial o de la nieve en las laderas y por corrientes generalmente permanentes en la base.
- Eclosión.** Momento en que el embrión se libera de la envoltura del huevo.
- Eluvial (eluvión).** Producto de la intemperización de las rocas que permanecen en el lugar de su formación.
- Epífita.** Plantas pequeñas que crecen sobre otras más grandes, esto es las aprovechan como sustrato pero sin causarles daño.
- Erosión lateral.** Acción de las corrientes fluviales que produce la ampliación del cauce, mediante el desarrollo de sinuosidades.
- Erosión lineal.** Aquella que se lleva a cabo por una corriente fluvial que forma cauces, depresiones lineales, barrancos, valles, etc.
- Erosión remontante.** Es la socavación de materiales causado por las corrientes que se propaga de los niveles base locales a las laderas altas.
- Erosión.** Referente al conjunto de procesos por medio de los cuales se da la separación de los productos del intemperismo del sustrato original. En un sentido restringido, la erosión se refiere a la remoción de partículas por procesos gravitacionales y escurrimientos. Convencionalmente se emplea este término para designar a la excavación producida por la acción concentrada del escurrimiento. Espacialmente el trabajo del escurrimiento concentrado da lugar a un relieve modelado por la disección fluvial (barrancos, cárcavas, valles erosivos, quebradas, saltos, entre otros más).
- Escarpe.** Ladera abrupta o a desplome, de altura variable, que puede formarse por distintas causas: fuerzas internas de la tierra, por la erosión marina, por procesos gravitacionales, glaciales y tecnógenos.
- Escorrentía difusa.** Flujo superficial en forma de surcos o canalillos dispersos. Su formación ocurre cuando el agua no escurre uniformemente por toda la superficie.
- Escorrentía laminar.** Flujo superficial homogéneo en donde el escurrimiento corre a lo largo de las pendientes como una lámina. Dicho proceso se manifiesta como erosión laminar que consiste en una remoción de delgadas capas sucesivas del suelo.
- Eventos hidrometeorológicos.** Fenómenos que se originan por la acción de los agentes atmosféricos e hidrológicos tales como huracanes, inundaciones, nevadas, granizadas, sequías y ondas cálidas y gélidas.
- Geosistema.** Sistema resultante de la interrelación naturaleza-sociedad-economía en un marco espacio-temporal dado.
- Geosistemas tecnógenos.** Son aquellos geosistemas donde se ha desarrollado infraestructura que hace prácticamente imposible cambiar su localización de una manera económicamente eficiente. Los requerimientos de sustancias y energía son administrados artificialmente por el hombre; es decir, los alimentos, las materias primas, el agua, la electricidad, los combustibles y la fuerza laboral.
- Glacis.** Rampa de piedemonte de carácter acumulativo. Superficie inclinada, en promedio de 1° a 5°, en sección transversal recta o ligeramente cóncava, a pesar de que

en él tienen desarrollo numerosas corrientes temporales, sólo en ocasiones presenta barrancos profundos.

Heterométrica (clasificación). Se refiere a los depósitos de sedimentos que están caracterizados por la mezcla de fragmentos y partículas con diversos tamaños (bloques, cantos, gravas, arenas).

Huracán. Categoría que alcanza un ciclón tropical, con alto grado de destrucción, después de ser tormenta tropical. El huracán tiene 5 grados de intensidad con velocidades que varían entre 118 y más de 250 km/hora.

Iluvial. Material que habiendo sido eliminado de capas superiores del suelo va a depositarse en una capa inferior.

Inmigración. Es la entrada a un país de personas que nacieron o proceden de otro lugar. Representa una de las dos opciones o alternativas del término migración, que se aplica a los movimientos de personas de un lugar a otro y estos desplazamientos conllevan un cambio de residencia bien sea temporal o definitivo. Las dos opciones de los movimientos migratorios son: emigración, que es la salida de personas de un país, región o lugar determinados para dirigirse a otro distinto e inmigración, que es la entrada en un país, región o lugar determinados procedentes de otras partes. De manera que una emigración lleva como contrapartida posterior una inmigración en el país o lugar de llegada.

Interfluvio. Toda extensión de terreno comprendida entre dos cauces fluviales.

Ladera denudatoria erosiva. Ladera en la que dominan los procesos de acción laminar o mantiforme sobre los erosivos.

Ladera denudatoria. Se emplea para describir los procesos de denudación de acción planar o mantiforme (que retocan el relieve pero no lo modelan de manera acentuada).

Ladera erosiva denudatoria. Que domina la disección del relieve sobre las superficies de acción planar.

Ladera erosiva. Equivale a la ladera cortada por los ríos.

Llanura. Terreno llano o plano de extensión limitada o interrumpida por el declive de las laderas.

Lomeríos altos, premontañas. Usualmente se refiere a las elevaciones medias que corresponden a las estribaciones

o márgenes de relieve orográfico que se cataloga con alturas locales comprendidas entre 200 y 500 m.

Lomeríos bajos. Igual a la anterior con elevaciones bajas, pero con alturas locales menores a los 200 m.

Mantiforme. Se refiere a los procesos que actúan en superficie de manera laminar.

Marginación. Es un fenómeno estructural que se origina en la modalidad, estilo o patrón histórico de desarrollo; ésta se expresa, por un lado, en la dificultad para propagar el progreso técnico en el conjunto de la estructura productiva y en las regiones del país, y por el otro, en la exclusión de grupos sociales del proceso de desarrollo y del disfrute de sus beneficios.

Meseta. Puede aplicarse a un altiplano o llanura elevada circundada por una pared inclinada o talud.

Modelo digital del terreno (MDT). También conocido como modelo tridimensional o modelo de elevación, es la representación gráfica de la topografía de la superficie terrestre en medios digitales.

Nivel base. Límite inferior debajo del cual no puede efectuarse la erosión o cortes superficiales de los ríos.

Nortes. Vientos que soplan violentamente por varios días seguidos sobre las costas del Golfo de México durante la mitad fría del año. Se originan por la invasión de masas de aire polar continental modificado, procedentes del norte de Estados Unidos y sur de Canadá.

Pendiente. En sentido estricto, es la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal.

Petróleo crudo equivalente. Es el volumen de gas (u otros energéticos) expresado en barriles de petróleo crudo a 60 °F, y que equivalen a la misma cantidad de energía (equivalencia energética) obtenida del crudo. Este término es utilizado frecuentemente para comparar el gas natural en unidades de volumen de petróleo crudo para proveer una medida común para diferentes calidades energéticas de gas.

Petroquímica secundaria. Por oposición, segmento de la industria petroquímica no perteneciente a la petroquímica básica. Conforme a las reformas de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 13 de

noviembre de 1996, la categoría de productos petroquímicos básicos se constituye por aquellos derivados que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas, que a continuación se enumeran. Estos productos sólo pueden ser elaborados por la Nación, por conducto de Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios. Estos productos son: etano, propano, butano, pentano, hexano, heptano, materia prima para negro de humo, nafta y metano, cuando provenga de carburos de hidrógeno, obtenidos de yacimientos ubicados en el territorio nacional y se utilice como materia prima en procesos industriales petroquímicos.

Piedemonte. Rampa o llanura inclinada que se dispone al pie de la montaña.

Planicie lacustre. Planicie relativa al ambiente lagunar.

Planicie palustre. Planicie relativa al ambiente de pantano.

Población absoluta. Cantidad total de residentes de un territorio determinado (localidad, municipio, estado, país, región, continente, el mundo), expresada en número de habitantes.

Porcentaje de lluvia invernal. Es la suma de la precipitación de enero, febrero y marzo entre el total de precipitación anual por 100.

Productos aromáticos. Hidrocarburos con una estructura de anillo, generalmente con un olor aromático distintivo y buenas propiedades solventes. Constituyen una cadena de petroquímicos dirigidos al mercado de las pinturas y los solventes, pegamentos, impermeabilizantes, texturizados, recubrimientos, selladores, adhesivos, adelgazadores y emulsiones para el mantenimiento de instalaciones industriales y residenciales así como al sector automotriz. El Complejo Petroquímico La Cangrejera, ubicado en Coatzacoalcos, Veracruz, cuenta con un tren de producción de aromáticos que utiliza como materia prima petróleo crudo y del cual se obtiene orto-xileno, para-xileno, así como estireno y solventes que se emplean principalmente como materias primas para la elaboración de poliestireno y tereftalato de polietileno (PET), plásticos que son usados como empaques y envases.

Protección catódica. Método empleado para minimizar la corrosión electroquímica de estructuras tales como

las plataformas de perforación, tuberías y ductos de diferentes grosores para el transporte de petróleo crudo y sus derivados, y tanques de almacenamiento.

Raíz pivotante. Raíz larga que crece verticalmente sujetando la planta al suelo.

Régimen pluvial. Se refiere a la periodicidad estacional o distribución de la lluvia a lo largo del año.

Régimen térmico. La manera como se distribuye la temperatura durante el año.

Relieve. Conjunto de todas las formas de la superficie terrestre, en una porción específica de la misma o en toda. Se forma por la interacción de los procesos endógenos y exógenos en la corteza terrestre.

Sector secundario. Incluye aquellas actividades económicas mediante las cuales los bienes son transformados en productos semielaborados o elaborados. De acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) empleado en las estadísticas mexicanas este sector incluye la minería, la extracción de petróleo y gas, la industria manufacturera, la generación y distribución de electricidad, la distribución de agua y la construcción.

Sector terciario. Incluye aquellas actividades económicas que sirven a la producción pero sin agregar materiales a los bienes producidos. De acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) empleado en las estadísticas mexicanas este sector incluye comercio, transportes, gobierno y servicios.

Senescente. Que empieza a envejecer.

Subempleo. Refleja la subutilización de la capacidad productiva de la población ocupada. Se relaciona con una situación alternativa de empleo que la persona desea desempeñar y está disponible para hacerlo. Por lo general, el término se asocia al subempleo por insuficiencia de horas, el cual existe cuando las horas de trabajo de una persona ocupada son insuficientes en relación con una situación de empleo alternativo que esta persona desea desempeñar y está disponible para hacerlo, o bien en relación con el número de horas de trabajo considerada oficialmente como de pleno empleo (40 o 48 horas semanales).

Subsidencia. Descenso de la altitud del nivel del terreno básicamente causado por la extracción de material sólido, fluido o gas del subsuelo, principalmente agua y petróleo, o al proceso natural de hundimiento vertical diferencial del suelo de una cuenca sedimentaria por la excavación de galerías y el peso de los sedimentos.

Suelos hidromórficos. Suelos que presentan anegamiento o exceso de agua durante periodos prolongados, condición que les imprime características particulares que permiten diferenciarlos de suelos bien aireados.

Tasa de reclutamiento. Es la proporción de la población que accede a la reproducción.

Terraza. Superficie plana o débilmente inclinada, delimitada por el cambio brusco de pendiente.

Transgresivo (comportamiento). Invasión de la tierra firme por el mar, como resultado de un hundimiento de la corteza terrestre por la influencia de movimientos por fuerzas internas de la tierra (tectónicos) o por ascensos del nivel del mar.

Valle acumulativo. Se refiere a los depósitos de origen fluvial (aluviales) que cubren parcial o totalmente ciertos tramos de un valle.

Valle aluvial de llanura. Consiste en un lecho con depósitos fluviales que corre sobre o casi al ras de la

planicie acumulativa y que es de escasa profundidad con respecto al nivel de la llanura. De perfil transversal rectangular o en caja, de fondo plano y móvil, se caracteriza por ser una corriente con lecho y trayectoria inestable.

Valle de contacto geomorfológico entre piedemontes. Se aplica al valle que corre o cruza entre dos rampas opuestas de piedemonte. Es propio de zonas áridas con un estilo fisiográfico de cuencas y sierras.

Valles erosivos. Se emplea para designar a los lechos fluviales delados por mecanismos de excavación, resultado del choque y efecto del flujo hidráulico.

AGRADECIMIENTOS

Entrevistas e información recibida

Lic. Marcelo Montiel Montiel, C. Presidente Municipal de Coatzacoalcos

Sr. Mariano A. Moreno Canepa, Síndico del H. Ayuntamiento de Coatzacoalcos

Ing. Miguel Ángel López Argüelles, Regidor Décimo Tercero, Protección Civil, Desarrollo Industrial y Portuario del H. Ayuntamiento de Coatzacoalcos

Ing. Joaquín Caballero Rosiñol, Director de Obras Públicas y Desarrollo Urbano del H. Ayuntamiento de Coatzacoalcos

Ing. Alejandro Valadez Urrutia, Director de Desarrollo Industrial y Comercial del H. Ayuntamiento de Coatzacoalcos

Lic. Juan Domínguez Hernández, Coordinador Regional de la SEMARNAT, Coatzacoalcos

Dr. Héctor Merlín Castro, Jefe de la Jurisdicción Sanitaria No. XI, Secretaría de Salud, Gobierno del Estado de Veracruz

Dra. Lili de los Santos Sevilla, Coordinadora de Epidemiología, Jurisdicción Sanitaria No. XI, Secretaría de Salud, Gobierno del Estado de Veracruz

Alejandra Sánchez Flores, Secretaría de Salud, Gobierno del Estado de Veracruz

Lic. J. Gabriel Castillo Martínez, Coordinador Administrativo del Comité Local de Ayuda Mutua, A. C. (CLAM)

Ing. Juan Carlos Álvarez Cruz, Jefe de Seguridad e Higiene, Industrias Derivadas del Etileno, S.A. de C.V. (Grupo IDESA)

Ing. José Enoch Castellanos, Presidente de la CANACINTRA, Delegación Coatzacoalcos

L.C.C. Ana Laura Gómez Medina, Gerente CANACINTRA, Delegación Coatzacoalcos

Lic. Guadalupe Porras David, C. Presidenta Municipal de Minatitlán

Ing. Heydí Espinoza Ríos, Directora de Ecología y Medio Ambiente, Regiduría Séptima, Presidencia Municipal de Minatitlán

Biól. Roberto Marcelo Valencia, Dirección de Ecología y Medio Ambiente, Presidencia Municipal de Minatitlán

Dra. Gladys Merlín Castro, C. Presidenta Municipal de Cosoleacaque

Lic. Víctor Arturo Ascencio Lugo (en su representación), Director de Ecología y Medio Ambiente del H. Ayuntamiento de Cosoleacaque

Mtra. María Esther Rico Martínez, C. Presidenta Municipal de Nanchital

Ing. Efraín García Chávez, Secretario Particular y Protección Civil del H. Ayuntamiento de Nanchital.

Alberto Domínguez Sánchez de Lubricantes y Servicio Mecánico "Beto"

Dr. Miguel Ángel Martínez Mora, C. Presidente Municipal de Ixhuatlán del Sureste

Srita. Evelyn Rodríguez Reyes, Secretaria Particular del Presidente Municipal, del H. Ayuntamiento de Ixhuatlán del Sureste.

Sr. Gonzalo Rodríguez Merales. Responsable de Industria y

Contaminación del H. Ayuntamiento de Ixhuatlán del Sureste

Ing. Javier Bocanegra R, Dirección Corporativa de Operaciones, Gerencia de Protección Ambiental, PEMEX

Ing. Guillermo García Reynaga, Gerente de Calidad, Seguridad Industrial y Protección Ambiental, PEMEX Petroquímica.

M.C. Miguel A. Morales Mora, Gerencia de Calidad, Seguridad Industrial y Protección Ambiental, Subgerencia de Protección Ambiental, PEMEX Petroquímica.

Biól. Lucía Guadalupe Rivera Gómez, Subgerencia de Protección Ambiental, PEMEX Petroquímica, Coordinadora de la Reserva Privada "Jaguarundi"

Sr. Rosendo Quintana Veracruz, Presidente de la Asociación de Pescadores de la Zona Sur

Lic. Víctor Manuel Esparza Pérez, Director General del Organismo de la Cuenca Golfo Centro, CONAGUA – Veracruz

Biól. Grissel Cabrera Rojas, Responsable de los Consejos de Cuenca, CONAGUA – Veracruz

Lic. Francisco Luis Briceño Cortés, Delegado Estatal de la PROFEPA en Veracruz

Ing. Raúl Arango, Subdelegado de Auditoría Ambiental, Delegado Estatal de la PROFEPA en Veracruz

Ing. Armando Rangel Hernández, Director en Jefe del Registro Agrario Nacional (RAN)

Arq. Juan Carlos Rendón Alarcón e Ing. Carlos Velázquez Peralta, Registro Agrario Nacional

Trabajo de campo y colaboraciones

Para elaborar el mapa de registros de vertebrados se agradece a Luis René Mestizo Rivera, Carlos Roberto Corona López, Héctor Hugo Barradas García, Efraín R. Martínez Barradas, Edgar A. Bello Sánchez, Jorge T. Villa Cañedo, Roberto Rivera Guzmán y Jazmín Enríquez Roa por su participación en los registros de campo. A PEMEX-Refinación por el financiamiento en diferentes momentos del trabajo de campo, y a la Dirección del Área Biológico-Agropecuaria de la Universidad Veracruzana.



ATLAS REGIONAL DE IMPACTOS DERIVADOS

DE LAS ACTIVIDADES PETROLERAS EN COAZTACOALCOS, VER.

se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres de Impresora y Encuadernadora Progreso, S.A. de C.V. (IEPSA), Calzada de San Lorenzo 244, 09830, México, D.F., durante el mes de septiembre de 2010

La coordinación editorial y la composición tipográfica estuvieron a cargo de la Dirección de Publicaciones del INE

Se tiraron 200 ejemplares

