



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



COASTAL RESOURCES CENTER
University of Rhode Island

MANAGING FRESHWATER INFLOWS TO ESTUARIES

Resumen del Perfil de Primer Nivel del Sitio, Laguna de Términos y su Cuenca, México

Leslie Bach, Rafael Calderon, María Fernanda Cepeda,
Autumn Oczkowski, Stephen Olsen, Don Robadue



Río Palizada

Bach, L., Calderon, R., Cepeda, M. F., Oczkowski, A., Olsen, S.B.,
Robadue, D. (2005). Resumen del Perfil de Primer Nivel del Sitio
Laguna de Términos y su Cuenca, México
Narragansett, RI: Coastal Resources Center, University of Rhode Island

Resumen del Perfil de Primer Nivel del Sitio Laguna de Términos y su Cuenca, México

ACRÓNIMOS	1
Antecedentes – El proyecto de USAID de conservación de agua dulce y estuarios	2
Nuestro enfoque	2
Perfiles de primer nivel del sitio	3
1. El contexto nacional	4
2. Las características definidoras de la Laguna de Términos y su cuenca	5
2A. Principales características de la cuenca	6
2B. Principales características del estuario	8
3. Usos humanos de la cuenca y del estuario	12
3A. ¿Cómo han evolucionado las actividades humanas en la cuenca a lo largo del tiempo?	13
3B. Problemas actuales de manejo en en el Área de Protección de Flora y Fauna “Laguna de Términos”	14
4. Posibles amenazas futuras a la afluencia de agua dulce y la salud del estuario	16
4A. Impactos futuros causados por cambios en la afluencia de agua dulce.....	16
4B. Otros factores que afectan la cantidad y la calidad del agua en el estuario.....	19
5. Principales interesados y sus intereses	20
6. Actual sistema de gobernabilidad para la laguna y la cuenca	23
7. Actividades futuras propuestas	24
7A. Plan de monitoreo propuesto	24
Referencias	29

ACRÓNIMOS

CNA	Comisión Nacional de Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPESCA	Comisión Nacional de Pesca
LOICZ	Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone [Interacciones tierra-agua en la zona costera]
ONG	Organización No Gubernamental
PEMEX	Petróleos Mexicanos
RAMSAR	Convención sobre los Humedales, firmada en Ramsar, Irán, en 1971
URI	Universidad de Rhode Island
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

Antecedentes – El proyecto de USAID de conservación de agua dulce y estuarios

En un mundo cada vez más poblado, la competencia por el agua dulce se vuelve intensa. Se necesita agua para continuar con la expansión de las actividades agrícolas, las ciudades y las industrias. A medida que se desvía más agua de los ríos y los lagos, los ecosistemas naturales estuarinos y de agua dulce —que suministran muchos productos y servicios valiosos a la humanidad— se transforman y pierden sus cualidades originales. Estos cambios en los valores sociales asociados con el agua hacen necesario planificar y tomar decisiones acerca de la adjudicación y manejo del agua de manera que incluyan las necesidades de todos los grupos usuarios que compiten por este recurso. La mejor manera de lograrlo es planificar a una escala que integre las cuencas, los estuarios, las costas y las aguas costeras como sistemas vivos conectados entre sí que sostienen a las sociedades humanas.

Desde un punto de vista biológico, los estuarios se encuentran entre los ecosistemas más productivos en todo el planeta. Dependen de la afluencia de agua dulce para mantener su papel de zona de criadero de peces y crustáceos, de planta de tratamiento natural para el proceso de residuos y de otras innumerables funciones ecológicas y económicas de gran importancia para la sociedad humana. No obstante, en todo el mundo la creciente competencia por el agua dulce para la agricultura, la industria y los usos domésticos está reduciendo, y en algunos casos eliminando, el flujo de agua dulce a los estuarios. Esto se manifiesta no sólo en el cambio en el volumen de agua sino también los momentos en que la afluencia de agua dulce ocurre y la calidad de esta agua. Muy a menudo, la adjudicación de agua dulce entre los usuarios humanos ignora los impactos que tales decisiones tienen sobre los estuarios y otros recursos naturales. Los resultados pueden ser dramáticos y se ven en el colapso de las pesquerías, en los cambios en la dinámica de las riberas y en las pérdidas de hábitats importantes y de las especies que dependen de éstos.

Nuestro enfoque

Mediante financiamiento de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), el Centro de Recursos Costeros de la Universidad de Rhode Island y The Nature Conservancy se han unido con el fin de desarrollar e implementar métodos de bajo costo que hagan frente a los impactos de los cambios en la afluencia de agua dulce a los estuarios. Hemos puesto nuestro énfasis en métodos que se puedan implementar en países menos desarrollados, donde la disponibilidad de datos y la capacidad de manejo pueden ser limitadas. El diseño de estos métodos se basará en la filosofía de “aprender haciendo” del manejo adaptativo según la cual se desarrollan las agendas de manejo de recursos usando la mejor información disponible. Se están identificando los vacíos de información críticos, que se completarán a medida que el tiempo, el financiamiento y las capacidades de investigación lo permitan. Un elemento sumamente importante del manejo adaptativo es la síntesis de la información más relevante para la evaluación de la trayectoria del cambio, incluidos el impacto de las acciones que se han llevado a cabo y las posibles consecuencias de una gama de decisiones que podrían tomarse en el futuro.

Hemos seleccionado dos sitios piloto para las pruebas iniciales de nuestros métodos, uno en la República Dominicana y el otro en México. Nuestros equipos en los sitios en estos países trabajarán con interesados gubernamentales y no gubernamentales a fin de evaluar los problemas planteados por los cambios en la afluencia de agua dulce y luego formularán estrategias para las acciones que se deben tomar para hacer frente a las consecuencias de dichos cambios.

Los pasos que se deben seguir en cada sitio piloto son los siguientes:

1. Desarrollar un perfil de primer nivel del sitio a partir de la información existente sobre la condición de la cuenca y su estuario, las tendencias de las actividades humanas que influyen en esa condición y los problemas del manejo ocasionados por los cambios en la afluencia de agua dulce.
2. Llevar a cabo investigaciones de corto plazo y consultas a fin de confirmar o corregir las conclusiones iniciales y llenar vacíos de información importantes a fin de elaborar un perfil de segundo nivel del sitio que contenga suficiente información para estimar de manera razonable los impactos de los cambios futuros sobre la afluencia de agua dulce.
3. Trabajar con interesados a fin de elaborar escenarios posibles para la situación y las actividades humanas deseadas en el futuro para cada sistema de cuencas y estuarios vinculados.
4. Trabajar con interesados a fin de evaluar las opciones de manejo que surjan de los escenarios e identificar las actividades y el monitoreo necesarios a fin de progresar hacia la situación futura deseada para la cuenca y su estuario.

A partir de la experiencia adquirida en los dos sitios, el equipo del proyecto preparará una Guía de Métodos que describa métodos participativos simples pero sólidos para el pronóstico de los impactos del cambio de los flujos de agua dulce a los estuarios y cómo hacerles frente.

Perfiles de primer nivel del sitio

Como primer paso en nuestro contexto, el perfil de primer nivel reúne la información secundaria disponible e identifica la información y las consultas necesarias a fin de realizar estimaciones más precisas acerca de qué alteraciones pueden causar los cambios en la afluencia de agua dulce a los estuarios en los dos sitios piloto. El perfil de primer nivel no es más que un ejercicio, “hacer la tarea” sobre cada sitio y establecer el escenario para el análisis que ubicará a los problemas planteados por los cambios en los flujos de agua dulce dentro de un contexto más amplio de tendencias en el desarrollo y la conservación del ecosistema.

En los perfiles de primer nivel se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Cómo evolucionaron las actividades humanas y la situación del estuario y su cuenca en las décadas recientes? ¿Cuán importantes son los cambios en los flujos de agua dulce en comparación con otros problemas en este ecosistema?

- ¿Cuáles son los intereses de los diferentes grupos interesados y, según éstos, cuáles son los principales problemas, las principales alternativas y los resultados deseados?
- ¿Cuáles son los posibles cambios futuros a la cantidad, el momento y la calidad de los flujos de agua dulce a los estuarios?
- ¿Cuáles son los impactos potenciales de tales cambios en los estuarios y en los bienes y servicios que generan a la población humana asociada?
- ¿Qué actividades de monitoreo podrían implementarse para evaluar los impactos potenciales de las actividades relacionadas con el suelo y las actividades de manejo sobre el estuario?

1. El contexto nacional

Las autoridades y los intereses nacionales juegan un papel importante en la toma de decisiones acerca del uso de los recursos hídricos, los bosques, los humedales, las lagunas costeras, las reservas de petróleo y gas y los recursos pesqueros que se encuentran en la Laguna de Términos y su cuenca y en sus cercanías. La Comisión Nacional de Agua (CNA) es la agencia encargada del manejo de los recursos hídricos de México. Este organismo de gran poder y que anteriormente centralizaba la toma de decisiones ha delegado algunas funciones y decisiones importantes a las doce regiones de manejo de agua del país, como parte de un proceso más amplio de descentralización y de mayor involucración y responsabilidad de los interesados en el manejo de los recursos hídricos. La cuenca de la Laguna de Términos atraviesa dos de éstas: la Región XI (Chiapas y Tabasco) y la Región XII (Campeche, Yucatán y Quintana Roo). Los planes de manejo del agua para cada región cubren una amplia gama de asuntos que incluyen el suministro de agua, la irrigación para la agricultura, los derechos del agua, el control de las inundaciones, la producción de electricidad y el manejo de aguas servidas. En consecuencia, los datos y los programas presentados en cada plan de la CNA están particionados de acuerdo a la región de los recursos hídricos, lo cual dificulta una comprensión clara de las implicaciones que éstos tienen para las cuencas de Usumacinta y Candelaria que descargan en la Laguna de Términos.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) es responsable por todos los parques y reservas mexicanos y es la institución más avanzada en el uso de herramientas y políticas orientadas a los ecosistemas. La Laguna de Términos fue declarada Área de Protección de Flora y Fauna en 1994. Los límites del Área de Protección incorporan partes de las cuencas bajas de los ríos Candelaria, Chumpan y Palizada y lindan con la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, creada en 1992. Un equipo compuesto por cinco personas de CONANP administra ambas reservas, una superficie de 1.007.723 hectáreas.

La Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA) es responsable por el manejo de pesquerías en México, incluidas las áreas restringidas, las estaciones y las cuotas, así como por el desarrollo de la pesquería tradicional y la acuacultura. Los reglamentos se establecen mediante mecanismos de la Carta Nacional de Pesca y por reglas para algunas especies y tipos de pesquería, principalmente pesquería comercial y

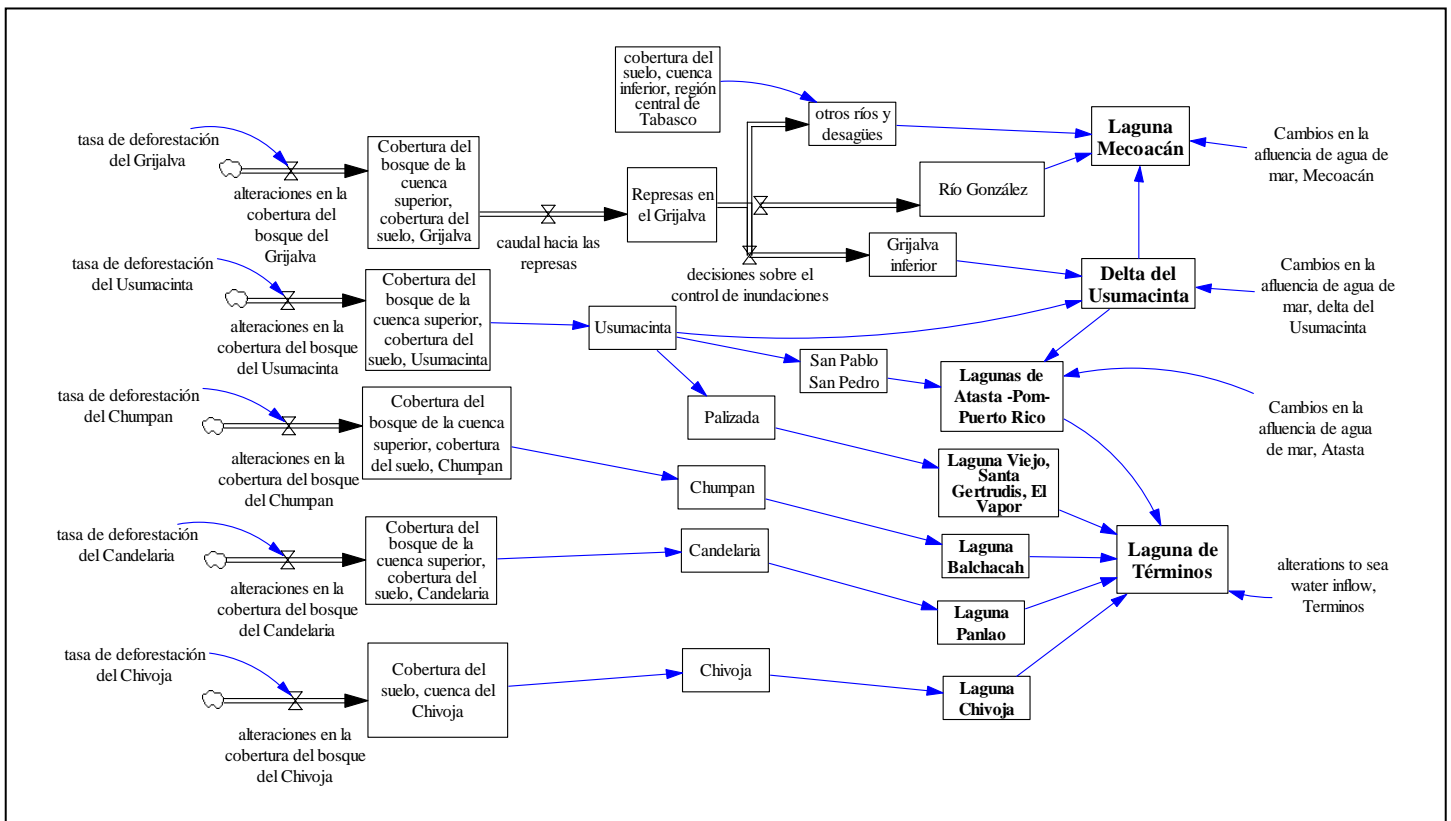
artesanal. Las estaciones regionales de investigación de las pesquerías continúan monitoreando, estudiando y modelando las pesquerías de la Sonda de Campeche a fin de encarar asuntos tales como las fechas de apertura de la temporada de pesca de camarones y las posibilidades de manejo de objetivos múltiples.

La compañía mexicana de petróleo PEMEX es una enorme empresa paraestatal con un total de ingresos de Mex\$487.000 millones (cerca de US\$49.000 millones) en 2002. Está involucrada en la exploración, el desarrollo, la refinería, la exportación y la comercialización doméstica de los recursos de petróleo y gas del país. Una de sus reservas más importantes se encuentra justo frente a la Laguna de Términos en el Golfo de México y los pozos y las instalaciones de producción se ubican en los humedales y las cuencas cercanas. PEMEX es una importante fuente de divisas así como de fondos para el gobierno nacional. Debe cumplir con los reglamentos y mandatos del gobierno federal y acatar los estándares de calidad y rendimiento internacionales. Es una fuente de financiamiento para la mayoría de los estudios científicos y de planificación requeridos para crear estos reglamentos, incluidos los estudios de la región costera en torno a la Laguna de Términos.

2. Las características definidoras de la Laguna de Términos y su cuenca

La Laguna de Términos es el estuario más grande en México y el que ha sido mejor estudiado. Se ubica en el extremo oriental del extenso y complejo delta del río Usumacinta que se extiende aproximadamente 125 km a lo largo de la costa sur del Golfo de México (ver mapa abajo). En la cuenca del Caribe, este delta es segundo por su tamaño después del delta del Mississippi y contiene un conjunto similar de impactos antropogénicos y desafíos en el manejo de los recursos, que incluyen la fragmentación de los humedales por canales abiertos por la industria petrolera, la subsidencia del suelo, alteraciones a la distribución de las aguas de río, el depósito de contaminantes provenientes de la cuenca y la sobreexplotación de las poblaciones de peces y de crustáceos.

Esquema de los canales principales de flujo de agua dulce a la Laguna de Términos

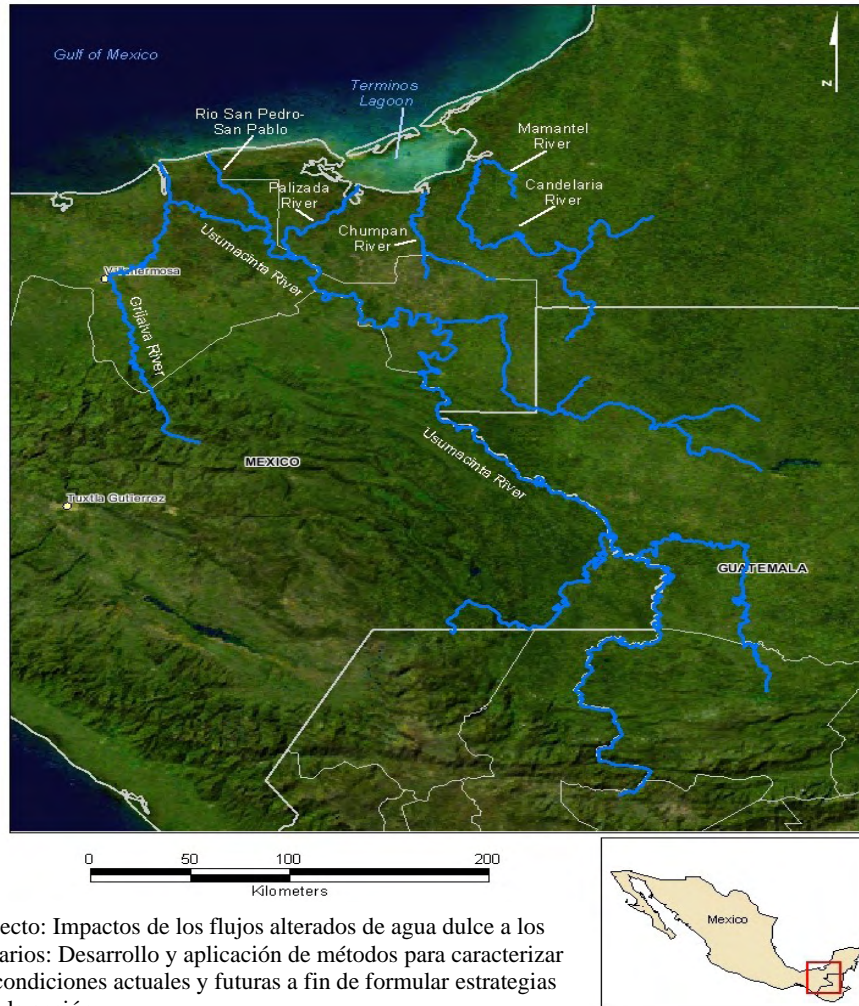


2A. Principales características de la cuenca

La Laguna de Términos recibe grandes volúmenes de flujos de agua dulce que varían según las estaciones de una cuenca de 49.700 kilómetros cuadrados que drena partes de la Península de Yucatán, las tierras bajas de Tabasco y las tierras altas de Chiapas y Guatemala. La porción oriental de la cuenca de la Laguna de Términos en el Yucatán tiene suelo calcáreo, poca precipitación y un drenaje de la superficie poco significativo. Al oeste y al sur, el río Palizada, un tributario del río Usumacinta, drena un área mucho más grande compuesta de suelo fluvial con mucha precipitación. El sistema Usumacinta-Palizada drena un mosaico de paisajes que han sufrido fuertes impactos y que han pasado de ser originalmente bosques secos y húmedos a ser tierras de pastoreo y agrícolas habitadas por una población que crece rápidamente.

Cuatro sistemas fluviales contribuyen a la afluencia de agua dulce en la Laguna de Términos (véase el mapa y el diagrama esquemático a continuación):

- Los ríos Candelaria y Mamantel desaguan en la laguna secundaria Panlao en la costa centro-sureña.
- El río Chumpan desagua en la laguna secundaria Balchacah.
- El río Palizada desagua en la cadena de lagunas Viento Este-Vapor.
- El río San Pedro-San Pablo desagua en una cadena de lagunas secundarias (Pom-Atasta) a lo largo de la costa occidental cerca de la boca del Carmen.



Proyecto: Impactos de los flujos alterados de agua dulce a los estuarios: Desarrollo y aplicación de métodos para caracterizar las condiciones actuales y futuras a fin de formular estrategias para la acción

Las cuatro subcuencas que desaguan en la Laguna de Términos están dominadas por la cuenca del río Usumacinta que drena el 80 por ciento del total del área. La cuenca del Usumacinta se extiende a los estados vecinos de Tabasco y Chiapas y a las tierras altas de Guatemala. Tanto el río Palizada como el río San Pedro-San Pablo son tributarios del Usumacinta. El 16 por ciento de la cuenca del Candelaria también se sitúa en Guatemala. Esta es una fuente importante de afluencia de agua dulce superficial a la parte oriental de la laguna. Las fuentes locales de agua dulce, incluidas las descargas de agua subterránea proveniente de la topografía cárstica que bordea la laguna por su lado oriental, son

probablemente importantes para el mantenimiento de los hábitats localizados cerca de los puntos de descarga.

Estadística del desagüe de los ríos en la Laguna de Términos

Fuente: Laura David, LOICZ, 2000.

	Palizada	Chumpan	Candelaria	Mamantel
Total de la cuenca de drenaje (km ²)	40.000*	2.000	7.160	540
% del área medida	97	85	81	81
Desagüe ajustado (10 ⁹ m ³ /año)				
Media	9,08	0,57	2,11	0,16
Mínimo	3,63	0,01	0,64	0,07
Máximo	16,11	1,58	5,45	0,78
Temperatura promedio de la cuenca de drenaje (°C)	27	25	27	27
Precipitación anual en la cuenca de drenaje (mm)	1.844	1.602	1.457	1.517

* Incluye el total de la cuenca de drenaje del Usumacinta.

2B. Principales características del estuario

La Laguna de Términos se encuentra en excelente condición gracias en gran parte a su designación como Área de Protección de Flora y Fauna en 1994. El eje de la laguna apunta de este a oeste y está separada del Golfo de México por una gran barrera —Isla del Carmen— que es una base importante para la industria petrolera y para una extensa flota pesquera de arrastre. El golfo adyacente, llamado Sonda de Campeche, sostiene una de las pesquerías más productivas de México.

La Laguna de Términos ha sido tema de investigaciones y monitoreo intensos desde mediados de la década de 1960 y, en consecuencia, su condición actual, y en menor medida las tendencias durante varias décadas anteriores, está mejor documentada que la de cualquier otro estuario de México — si no de todo el Caribe. Sus aguas poco profundas son ricas en lechos de pastos marinos, arrecifes de ostras y humedales de manglar. En términos de las características hidrológicas, la laguna puede separarse en dos subáreas distintas. La zona occidental de la laguna recibe la mayor parte del desagüe de los ríos. Esta área, en la cual predominan los sedimentos lodosos, es la parte productiva, bien mezclada y de baja salinidad de la laguna. Sus aguas turbias y de baja salinidad no favorecen el crecimiento de pastos marinos, los que están ausentes de esta parte de la cuenca. Las zonas central y oriental de la laguna son muy poco profundas y tienen mayor abundancia de sedimentos calcáreos. Aquí los lechos de pastos marinos son los más densos de la zona que rodea a la Isla del Carmen. Cerca de las bocas de todos los ríos existen arrecifes de ostras, compuestos principalmente de la ostra europea *Crassostrea* sp, que se extienden a profundidades de 2 metros.

El litoral de la mayor parte de la laguna, incluidos tramos en la Isla del Carmen, contiene más de 250.000 hectáreas de manglar conectadas por un sistema natural complejo de canales y vías fluviales. Los manglares cerca de la desembocadura del río Palizada son los

más grandes y mejor desarrollados. Algunos de los árboles tienen más de 30 metros de altura.

La productividad del sistema estuarino depende en gran medida de la cantidad de agua dulce que ingresa a él y de los ciclos meteorológicos anuales. A lo largo de los ríos, antes de que desagüen en la laguna, hay una vegetación abundante, tanto sumergida como emergente. Los niveles más altos de productividad primaria están asociados con esta vegetación, que recibe influencia directa de la afluencia de agua dulce proveniente de los ríos. Se puede encontrar vegetación acuática sumergida en las partes más dulces de los ríos antes de que desagüen en la laguna. En las épocas de mayor precipitación y en las áreas de menor salinidad de la laguna la productividad está dominada por la vegetación de agua dulce; a medida que disminuye la precipitación, esta productividad pasa a la vegetación sumergida, es decir los pastos marinos y los sistemas de manglares que se encuentran en las áreas de salinidad más alta.

Si bien actualmente no se practica la pesca comercial en la Laguna de Términos, muchas especies de valor comercial, incluidas las dos especies de camarón *penaeus*, dependen de los humedales y las lagunas que sirven como sitios de cría. Estos sitios de cría son sumamente importantes para sostener la pesquería en la Sonda de Campeche, una de las áreas de pesquería más importantes en la zona central y occidental del Atlántico. La Sonda de Campeche produce la tercera parte del desembarque de peces mexicano anual en las costas del Golfo y del Caribe. La mayoría de las especies de peces y de crustáceos en la plataforma adyacente usan la Laguna de Términos durante algún período de su ciclo de vida.

La fauna más destacada en la Laguna de Términos y sus humedales asociados son sus 49 familias y 279 especies de aves. Se estima que un tercio de las aves migratorias que se movilizan a lo largo de la ruta migratoria del Mississippi visitan la laguna y sus humedales asociados. Muchas especies de reptiles están asociadas con los humedales de agua dulce del Pantano de Centla en la frontera occidental del Área de Protección Laguna de Términos. Se han registrado poblaciones significativas de cocodrilo de pantano (*Cocodrilus moreletti*). La tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*) y la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) utilizan las playas de la laguna como sitios de cría. Dado que éstas son especies en peligro, plantean una preocupación especial a las autoridades mexicanas y a los conservacionistas.

La afluencia de agua dulce a la laguna varía según tres estaciones distintas:

- La primera estación seca desde marzo hasta mayo
- La estación de lluvias desde junio hasta septiembre
- La segunda estación seca que se extiende desde octubre hasta febrero; este período se caracteriza por tormentas intermitentes (nortes).

La afluencia limitada del lado oriental de la laguna tiene como consecuencia una salinidad muy alta en los dos tercios orientales de la laguna (ver balance hídrico más abajo). Durante la época seca, la mitad oriental de la laguna se vuelve un estuario inverso en el cual la evaporación excede la afluencia de agua dulce. La mayoría del flujo de agua dulce

a la Laguna de Términos ingresa por el río Usumacinta en el lado occidental de la laguna y desagua en el Golfo a través de la boca del Carmen, que es más pequeña. Estos flujos grandes de los ríos hacen que el tercio occidental de la laguna tenga menos salinidad, sea más turbio, esté bien mezclado y sea más productivo biológicamente que la parte oriental.

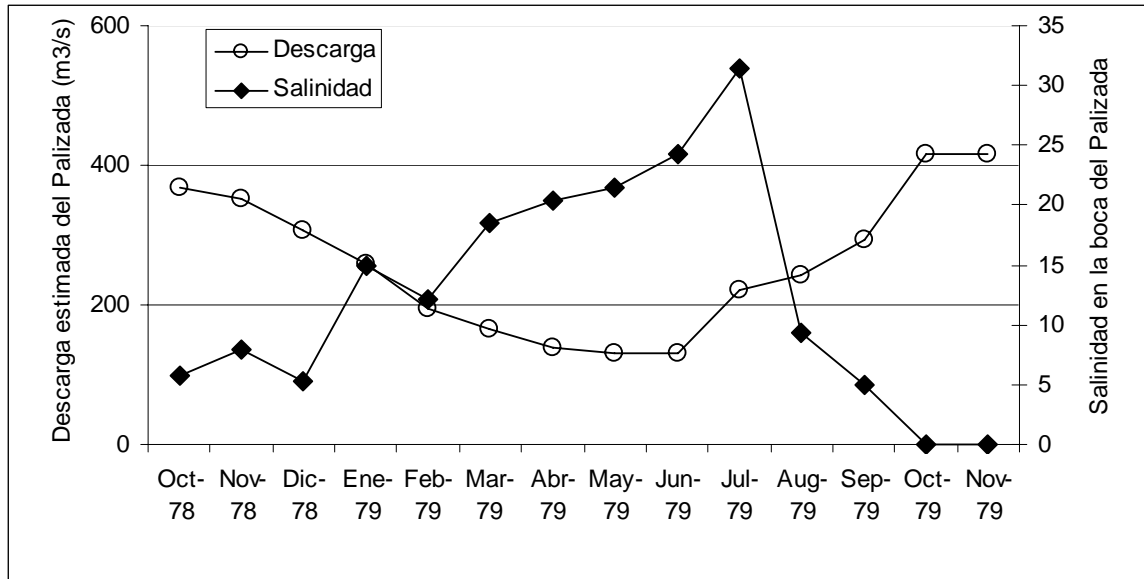
Balance hídrico en la Laguna de Términos (metros cúbicos por segundo)

Fuente: Oczkowski, 2005.

	(Descarga	+ Precipitación)	- (Evaporación)	= Afluencia neta	<i>Tiempo de</i>
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	<i>residencia</i>
					<i>(días)</i>
Occidental 1/3					
<i>Nortes</i>	331	39	26	244	68
<i>Seco</i>	92	18	51	59	254
<i>Lluvias</i>	383	67	49	401	53
Oriental 2/3					
<i>Nortes</i>	104	78	51	130	57
<i>Seco</i>	29	36	102	-37	
<i>Lluvias</i>	120	134	898	156	33

La influencia de la afluencia de agua dulce del río Palizada sobre los niveles de salinidad en la parte occidental de la laguna es bastante evidente a partir del gráfico que se incluye a continuación. A medida que la afluencia del Palizada disminuye en diciembre-junio, los niveles de salinidad cerca de la boca del río aumentan marcadamente. En un rango de flujos de aproximadamente 130-420 metros cúbicos por segundo¹ durante 1978-79, los niveles de salinidad cerca de la boca del río Palizada fluctuaron desde cerca de cero a más de 30 ppm. Por lo tanto, puede suponerse que el mantenimiento de la variabilidad estacional de los flujos del río en el Palizada es de suma importancia para la biodiversidad biológica y la productividad de la laguna occidental, y quizás de todo el sistema.

¹ Nótese que estos flujos del Palizada han sido estimados usando una regresión logarítmica desarrollada en el período 1984-1992, cuando ambos ríos estaban siendo medidos.



Las mareas, la descarga de agua dulce y los vientos locales son todos mecanismos importantes que fuerzan la circulación y la dispersión en la laguna. Un modelo preliminar de la circulación del agua en la laguna muestra un patrón complejo en el cual las áreas oriental y occidental de la Laguna de Términos actúan mayormente de manera independiente. El tiempo de residencia del agua varía entre uno y cinco meses, como se ve en el cuadro anterior. El espacio en blanco en el cuadro de balance hídrico mencionado indica tiempo de residencia negativo cuando la laguna se comporta como un estuario inverso.

Los patrones de flujo y circulación de la Laguna de Términos tienen consecuencias importantes sobre cómo la afluencia de agua dulce de los ríos influye en la ecología de la laguna. El más grande de los tres ríos principales que desembocan en la laguna, el Palizada, descarga aproximadamente el 75% del total de agua dulce fluvial que llega a la laguna. Este río se ubica en el extremo occidental de la laguna y durante la mayor parte del año, el agua que desemboca de este río fluye casi directamente a la plataforma de Campeche. Los otros dos ríos, el Chumpan y el Candelaria, descargan volúmenes proporcionalmente pequeños de agua en la laguna y, si bien éstos pueden tener un efecto importante en la ecología local, particularmente en las pequeñas sublagunas en las cuales desaguan inicialmente, su papel en el mantenimiento de la estructura ecológica de toda la Laguna de Términos es posiblemente menos significativa. Se cree que la circulación dentro de la Laguna de Términos ocurre principalmente debido a cambios en la marea en las dos bocas principales (Puerto Real y Carmen), así como a patrones de viento estacionales. Durante la mayor parte del año, en las estaciones secas y lluviosas, hay un flujo de agua neto de este a oeste en la laguna. Luego, durante la estación de vientos “nortes”, el viento aumenta de magnitud y cambia de dirección y, en consecuencia, la circulación invierte la dirección y se vuelve turbulenta.

Además de las corrientes de agua superficiales, existen fuentes de agua adicionales que posiblemente contribuyan cantidades localmente significativas de agua dulce a la laguna. En particular, la descarga de agua subterránea del acuífero calcáreo a lo largo del borde oriental de la laguna puede ser una importante fuente de agua dulce. Se estima que la cantidad de agua dulce que fluye por este acuífero es aproximadamente 1 m³/m/día (Dr. John Day, comunicación personal). Dado que este paisaje cárstico constituye aproximadamente 20.000 metros de litoral de la laguna, la afluencia de agua dulce subterránea puede llegar a ser 20.000 m³/ día (aproximadamente 0,23 m³/segundo). Además, según el Dr. Day, el agua subterránea descargada de la Península de Yucatán es arrastrada a la laguna por las corrientes predominantes, aumentando la importancia de este suministro de agua dulce. Otras fuentes de agua dulce en la laguna incluyen un flujo difuso por tierra de la parte baja de los ríos Usumacinta y San Pedro-San Pablo, que fluyen hacia una serie de lagunas pequeñas y humedales y a través de éstos. Si bien esta fuente de agua dulce no ha sido cuantificada, existen lechos de ostras a lo largo de la orilla occidental de la laguna que no están asociados con la boca de ningún río. Por lo tanto, aunque no se conoce el papel del flujo difuso, parece ser una fuente importante de agua dulce a la laguna. Estas fuentes adicionales de agua pueden mitigar los efectos de los cambios potenciales en la descarga del río, con tal que los cambios en el uso del suelo y en la cobertura del suelo no alteren los procesos hidrológicos naturales.

Características principales de la Laguna de Términos

Área km ²	Profundidad promedio en metros	Rango de la marea	Salinidad	Tiempo de residencia	Principales hábitats	Actividades estuarinas
1644	3,5	0,5m	5-32 ppt; media máxima 28,6 ppt en junio y media mínima 9,2 ppt en noviembre	75-200 días en el tercio occidental; 50-130 días en los otros dos tercios lado oriental	Lecho de pastos marinos (298 km ²) Manglares (2590 km ²) Lecho de ostras	Investigación y turismo natural; pesca ilegal y tala de manglar son problemas menores

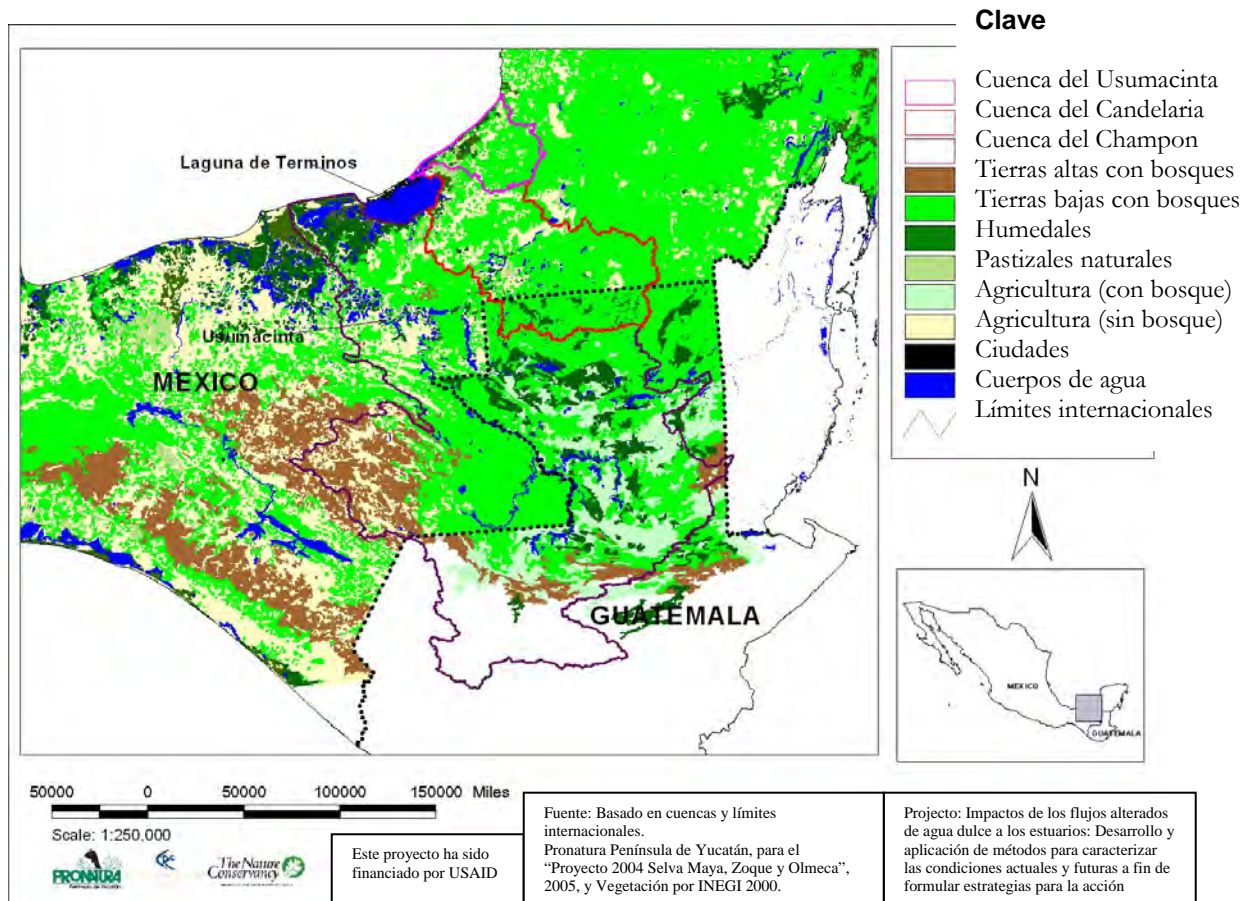
3. Usos humanos de la cuenca y del estuario

En las tierras altas de la cuenca, en Chiapas y Guatemala, los principales usos humanos son la agricultura de subsistencia por parte de una población muy pobre y marginalizada, como se mencionó en otra parte (alto porcentaje de población indígena, tasas de alfabetismo bajas, tasas de natalidad altas, acceso limitado a la educación, a los servicios de salud y a otros servicios básicos, etc.). El manejo de algunos ejidos produce cosechas sostenibles, pero la mayoría de los recursos forestales se extraen de manera insostenible.

En las tierras bajas (Petén y algunas zonas de Chiapas), la ganadería se ha extendido en los últimos 15 años. En la cuenca existen algunas áreas protegidas extensas —principalmente la Reserva de la Biosfera Montes Azules en México y la Reserva de la Biosfera

Maya/Parque Nacional Sierra del Lacandón en Guatemala. Otras áreas más pequeñas complementan el mosaico de tierra dedicado a la conservación. El turismo de naturaleza y con base en la arqueología es una industria creciente en la cuenca.

Algunas áreas de la región (tanto en Guatemala como en México) han sufrido disturbios civiles durante muchos años y, en consecuencia, los asuntos relacionados con el buen gobierno y la propiedad de los recursos naturales o la responsabilidad por su manejo son todavía precarios.



Distribución de los recursos naturales dentro de la cuenca de la Laguna de Términos

3A. ¿Cómo han evolucionado las actividades humanas en la cuenca a lo largo del tiempo?

La Laguna de Términos fue un puesto militar avanzado para los mayas y los chontales mucho antes del período colonial y ha sido importante para el comercio desde hace mucho tiempo. Hay muchos sitios arqueológicos importantes en la costa y a lo largo de los ríos afluentes. Desde la conquista española, la región ha visto tres períodos diferentes en la explotación de sus abundantes recursos naturales.

Período de apogeo y de decadencia del palo de tinte -- The “palo de tinte”

(*Haematoxylum campechianum*) es un árbol de tronco espinoso usado para la producción de tinta. Fue un producto de exportación valioso desde principios del período colonial hasta el siglo XX. Se talaron árboles en la mayor parte de la cuenca. También se explotaron el chicozapote (árbol del cual se extrae el chicle) y otros árboles tropicales del interior y se los embarcó en el puerto del Carmen. En la primera mitad del siglo XX se habían agotado los recursos madereros, lo que llevó a un deterioro económico dramático en la industria maderera.

Período de apogeo y de decadencia de la pesca -- Hasta la década de 1940, la pesca comercial en la vecindad de la Laguna de Términos era de poca magnitud. Los pescadores locales vendían sus productos en los mercados locales y casi todos los productos de mar se consumían localmente. A partir de 1948, la población local comenzó a descubrir el potencial de la cosecha comercial de camarones a escala industrial. A solicitud del gobierno federal, varias plantas procesadoras de origen extranjero se instalaron en Ciudad del Carmen.

Se explotó una sucesión de poblaciones de camarón: el blanco, el café y el camarón gigante. En 1950, se cosecharon 4.035 toneladas de camarón en más de 200 barcos que trabajaban desde Ciudad del Carmen. La cosecha creció a más de 6.000 toneladas cosechadas en más de 400 barcos en 1980. Sin embargo, las primeras señales de sobrecosecha aparecieron a mediados de la década de 1940, cuando la población del camarón blanco comenzó a declinar abruptamente. El camarón café (*Penaeus aztecus*) se volvió el objetivo. A mediados de los años 1990, la cosecha de camarones de Ciudad del Carmen había disminuido a menos de 5.000 toneladas y, para 2003, había bajado a menos de 3.000 toneladas. Con el descenso en la cosecha de camarones, los pescadores comenzaron a extraer una creciente variedad de otras especies, principalmente peces. En 2002, el desembarque total registrado para Ciudad del Carmen fue de 20.500 toneladas, de las cuales, los camarones, la jaiba y el róbalo constituían más de la tercera parte

Extracción de petróleo – El período de desarrollo del petróleo comenzó en la década de 1970, cuando se creó la compañía estatal Petróleos Mexicanos, o PEMEX, a fin de desarrollar, refinar, comercializar y exportar petróleo mexicano. El daño ambiental y los conflictos sociales que surgieron durante las primeras décadas del desarrollo de este recurso incluyeron el crecimiento dramático de Ciudad del Carmen. La respuesta a estas presiones fue la declaración del Área de Protección de Flora y Fauna “Laguna de Términos” y la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla a principios de los años noventa. Se planea una carretera que atraviese los humedales de la laguna. Se espera que las existencias de petróleo y gas se agoten en no más de dos o tres décadas, y en ese momento la economía de la Laguna de Términos probablemente entrará en un nuevo período.

3B. Problemas actuales de manejo en en el Área de Protección de Flora y Fauna “Laguna de Términos”

Las actividades humanas en la vecindad de la Laguna de Términos antes de su designación como Área de Protección eran mayormente las mismas que actualmente:

pesca, agricultura en pequeña escala y ganadería. No obstante, hubo cambios recientes en la escala de las actividades, y las áreas usadas para la ganadería a lo largo del extremo sur de la laguna aumentaron (se transformó el bosque para convertirlo en zona de operaciones ganaderas). Sólo en las áreas “muy restringidas” de esta reserva disminuyeron las actividades económicas. Asimismo, durante la última década surgieron actividades nuevas, tales como la acuicultura y el turismo a una escala muy pequeña. Además, están aumentando los “servicios” relacionados con la expansión de Ciudad del Carmen (construcción, transporte, etc.).

Los recursos marinos dentro del Área de Protección de Flora y Fauna están protegidos en gran medida, pero todavía existe la pesca ilegal. Los pescadores notan que su actividad económica (zonas de pesca productiva) depende de la laguna, pero todavía no han adaptado adecuadamente su comportamiento o sus actividades para cumplir con las normas de conservación (estaciones de pesca, etc.). La mayor parte de la pesca y de la acuicultura en pequeña escala se realiza dentro de sublagunas en la parte occidental, alrededor de la Península Atasta.

El desarrollo rápido y el crecimiento de la población en la Isla del Carmen sobrepasan en gran medida la capacidad de las instituciones locales para hacer frente a los múltiples problemas de una zona urbana que no posee los servicios adecuados. La calidad del agua en torno a la parte occidental de la isla está amenazada por las aguas de desecho de Ciudad del Carmen, que no son tratadas adecuadamente. Los derrames de petróleo de los pozos mar adentro así como las operaciones dentro de la reserva son todavía un problema.

Los rodales de los bosques de manglar en toda el área de la Laguna de Términos están intactos pero han sufrido el impacto de ciertas actividades de tala y de la sedimentación continua en las lagunas interiores. Los manglares también se ven afectados por los canales que se abrieron a través de los mismos, por el bloqueo del flujo del agua como consecuencia de la construcción de carreteras e incluso del uso de equipos de pesca que atrapan sedimento y desechos junto con los peces. Esto afecta la circulación y la sedimentación en las lagunas pequeñas ubicadas alrededor de los bordes de la Laguna de Términos. Las áreas costeras en la boca oriental de la laguna se están erosionando. A veces, el uso pobre de las orillas y los aparatos para la “protección de las orillas” están cortando la circulación hacia los rodales de manglar.

Los problemas relacionados con el manejo que ubican a las metas de conservación del Área de Protección en un contexto más amplio son los siguientes:

1. *La pobreza extrema* es un problema en toda la cuenca. La península Atasta, que forma el lado occidental de la Laguna de Términos, posee una larga historia de conflictos entre los grupos locales, tales como el Movimiento de Pescadores y Campesinos de la Península de Atasta y la industria petrolera. Hay una tradición de bloqueo de caminos a fin de recibir “compensación” por medio de obras públicas, generalmente financiadas por PEMEX. Una alta proporción de la población que vive en la municipalidad de Carmen también es muy pobre. El 80% de los poblados en las municipalidades que lindan con la laguna y el 51% de la población fuera de la ciudad

vive en áreas con las tasas de “marginalización” más altas (4 y 5 en una escala de 1 a 5). En términos generales, los poblados carecen de agua potable, alcantarillado, instalaciones escolares y servicios de salud. El 63% de estos poblados y el 32% del total de la población en Palizada sufren condiciones similares.²

2. *Las pérdidas y las roturas de la extensa red de oleoductos* que cruzan la laguna y los humedales circundantes son otro problema crónico.
3. El alcantarillado doméstico, las aguas residuales y la escorrentía agrícola producen *contaminación del agua* localizada, en especial en la vecindad de la Ciudad del Carmen.
4. El *uso del suelo en la Reserva de Centla* es otro problema. Aquí el 23% de las tierras es de propiedad privada y se lo usa con fines agrícolas y para la ganadería. Aparentemente, en años recientes se ha suspendido la producción de arroz. Los administradores de la Reserva están experimentando con proyectos de acuacultura y de reproducción ganadera diseñados con el fin de reducir la presión de la explotación sobre las especies nativas.
5. *La construcción de puentes* que conectan los dos extremos de la Isla del Carmen con tierra firme aumentó el acceso a los humedales y la presión sobre éstos. La mejora en el acceso tiene el potencial de atraer ecoturismo, pero hasta ahora esto no se ha materializado.
6. En la laguna y en sus márgenes se practican *la tala de manglar y la pesca ilegal de menor escala*.
7. *La continua construcción de caminos*, incluida muy recientemente una conexión entre Palizada y Atasta que proveerá acceso a una zona todavía intacta de humedales. Este desarrollo de infraestructura (puentes y caminos) puede afectar tanto la condición de la laguna como la afluencia de agua dulce en las partes más bajas de la cuenca contribuyente. Esta infraestructura tiene el potencial de restringir el flujo tanto de ingreso a la laguna como de salida. Un puente propuesto en las cercanías de Ciudad del Carmen podría causar restricciones en el movimiento de entrada y salida del agua entre la laguna y el Golfo de México, así como del agua dulce que fluye a través del estuario del Carmen. Los caminos en la planicie costera también pueden restringir potencialmente el flujo superficial que actualmente desagua en los humedales.

4. Posibles amenazas futuras a la afluencia de agua dulce y la salud del estuario

4A. Impactos futuros causados por cambios en la afluencia de agua dulce

Dado que el río Palizada produce las tres cuartas partes del volumen anual de la afluencia de agua dulce a la Laguna de Términos, el equipo del proyecto ha concentrado su investigación de la alteración hidrológica del sistema Usumacinta-Palizada. Si bien

² SEDESOL, Campeche. La información sobre las localidades es de 1995, los cálculos pertenecen al autor.

muchos de los cambios localizados de la afluencia de agua y la cobertura del paisaje en la vecindad de la laguna pueden afectar partes de la laguna (véase el análisis más adelante), probablemente la estructura ecológica y la función general de la laguna no sufran un impacto salvo que la afluencia de agua del Palizada se altere sustancialmente.

Se propuso un proyecto hidroeléctrico importante, el de Boca del Cerro, para la cuenca superior del río Usumacinta en un lugar aguas arriba del distributario Palizada. En las últimas dos décadas se lo promovió y se lo postergó varias veces. De acuerdo con el Proyecto Tercer Milenio³:

“el Proyecto Boca del Cerro se ubicaría a 9,5 kilómetros al suroeste de Tenosique, Tabasco. Tendría una represa de 130 metros de altura, creando un lago artificial formado por el embalse de 19.550 millones de metros cúbicos. La electricidad generada en esta instalación sería de 4.200kw. Esto equivaldría al 67% de la energía hidroeléctrica generada en México y reemplazaría 29 millones de barriles de petróleo”.

Los defensores del proyecto ven la represa como un catalizador para el desarrollo industrial, comercial y turístico que traerá múltiples beneficios sociales y económicos, incluidos empleo, vivienda, agricultura y ganadería, navegación, carreteras y protección ambiental y ecológica. En 2001, México resucitó el proyecto hidroeléctrico de Usumacinta, pero cuando tuvo que hacer frente a una fuerte oposición local, Guatemala retiró su acuerdo de participación. Recientemente, los presidentes de México y Guatemala declararon que la represa propuesta, así como había sido planificada, era un “asunto muerto”.

Sin embargo, México puede intentar construir una represa mucho más pequeña por cuenta propia (para una referencia, véase <http://www.inforpressca.com/CAR/homes/h2942.pdf>). Esta represa sería una instalación a ‘filo de agua’ (*run-of-river*). Algunos informes sostienen que este proyecto involucrará una represa de 40 m de altura pero otros afirman que será sólo de 18 m de altura (la Comisión Internacional de Grandes Represas define como una represa grande toda represa de más de 15 m de altura). Los funcionarios gubernamentales también insisten en que las inundaciones se limiten a aquellas áreas que ya se inundan durante las estaciones de lluvias. Dado que Guatemala no cree que su territorio se vea afectado, parece sentirse cómodo con este proyecto. Sin embargo, según un acuerdo de 1961 por el cual ambos países deben estar de acuerdo en proyectos que involucran ciertas aguas binacionales (incluido el Usumacinta), México no puede construir esta represa legalmente sin la aprobación de Guatemala, y Guatemala todavía no ha visto ningún plan oficial. Aparentemente, el gobierno mexicano no planea llevar a cabo ninguna acción relacionada con esta nueva propuesta hasta 2011-2012.

Varias organizaciones regionales e internacionales tienen conocimiento del proyecto y probablemente se opongan si se lo reactiva. En este momento, todos los indicios apuntan a que este proyecto muy probablemente no será implementado. La región en la cual se había propuesto construir la represa está en el proceso de ser declarada Área Protegida Estatal

³ Frias, 2003.

Natural, abarcando aproximadamente 48.000 hectáreas. Su plan de manejo se publicará el próximo año. Incluso si México desarrollara el proyecto de una represa más pequeña, es muy poco probable que la afluencia de agua dulce a la Laguna de Términos se vea afectada de manera significativa. Una instalación a “filo de agua” tendrá muy poca capacidad con la cual alterar el volumen o el momento de los flujos del río. Por lo general, el agua simplemente pasaría a través de las turbinas hidroeléctricas con poca alteración en su caudal.

Otra parte del proyecto original de Boca del Cerro, el canal de derivación de agua Balancán, no sería viable bajo este nuevo plan. El canal de Balancán trasladaría el agua de inundaciones en la vecindad de la ciudad de Villahermos al río Usumacinta y posiblemente directamente a la Laguna de Términos. La represa y el canal de derivación trasladarían un flujo suficiente para generar 1.250 millones de kilowatts por hora adicionales en una central hidroeléctrica de carga baja. El canal Balancán se conecta con un programa extenso de control de inundaciones en los ríos Usumacinta y Grijalva en el estado de Tabasco. La propuesta sostiene que las regiones norte y este de Tabasco y el suroeste de Campeche recibirán beneficios económicos importantes; será posible construir las muy necesarias instalaciones de tratamiento de aguas residuales, aumentar la navegación y el transporte en el río y drenar un millón de hectáreas de tierras para fines agrícolas y de ganadería. Se anticipa que los efectos en las lagunas al oeste de Términos sean severos y son motivo de una importante controversia en esta región. Al postponer o abandonar el proyecto original Boca del Cerro, el desarrollo del canal de Balancán parece ahora muy poco probable. Sin embargo, éste es un tema que los administradores de parques y otros interesados en el área de Laguna de Términos deben monitorear continuamente.

En base a esta información, el equipo del proyecto concluyó que, en este momento, no parece haber una amenaza inminente a la afluencia de agua dulce de mayor influencia en la estructura ecológica y la función de la Laguna de Términos.

El programa de manejo de la Comisión Nacional del Agua Región XII identificó los siguientes problemas adicionales en las cuencas que desaguan en la Laguna de Términos:

- Apertura de la tierra para agricultura
- Tala de bosques antiguos
- Construcción de infraestructura
- Uso de productos agroquímicos
- Impactos de la industria petrolera incluidos los derrames de petróleo y las rupturas de las tuberías.

Si bien se identificaron varios problemas de manejo terrestre y marino en las cuencas que alimentan la Laguna de Términos, la información disponible indica que, en este momento, los cambios en el flujo de agua dulce al estuario no son una amenaza significativa a la función ecológica y a la integridad del sistema. Otros factores que limitan el riesgo potencial de los cambios en el flujo de agua dulce al estuario son las tendencias de la población y del uso del suelo en las comunidades circundantes y en la zona amplia de la cuenca. A escala de la cuenca, gran parte de la extensión original de tierra ya se ha convertido en tierra para uso agrícola, ganadero o urbano, pero no se espera que haya

cambios a gran escala adicionales salvo que la dinámica de la población cambie sustancialmente. A escala local, la Laguna de Términos y las tierras costeras están completamente incorporadas en el Área de Protección de Flora y Fauna. Por ende, las actividades relacionadas con el uso del suelo y los posibles cambios en su uso en la vecindad inmediata del estuario son limitados. Además, las áreas que circundan la laguna cuentan con relativamente pocos habitantes, y éstos en general practican la agricultura en pequeña escala, la pesca de subsistencia y la ganadería. Las dos municipalidades que bordean la laguna, Carmen y Palizada, tenían una población combinada de 180.477 habitantes en 2000 y en este momento no hay indicios de una tendencia de crecimiento dramático en la población de la región. A pesar de la situación actual, existe la posibilidad de que se construya una carretera nueva a través de esta zona, lo que podría cambiar estos pronósticos. Esta carretera podría facilitar el movimiento de la gente hacia la región, causando cambios en el uso del suelo con consecuencias imprevistas en el flujo del agua a través de esta área relativamente intacta.

El sistema estuarino dinámico de la Laguna de Términos tiene procesos biológicos críticos y esenciales que pueden ser sensibles a cambios relativamente pequeños en la afluencia de agua dulce. Los procesos asociados con la producción primaria, las reacciones bioquímicas de los nutrientes y los sedimentos se rigen por la interacción del agua dulce y salada. Pueden ocurrir cambios en este balance y probablemente ya están ocurriendo cambios localizados en cierto grado, debido a la construcción de caminos, a los cambios en el uso del suelo y al uso general del agua asociado con una población creciente. Estos aspectos no son fáciles de medir, pero sus impactos son cumulativos. Por lo tanto, no puede descartarse por completo la posibilidad de cambios a largo plazo en la laguna como consecuencia de cambios en los flujos de agua dulce.

4B. Otros factores que afectan la cantidad y la calidad del agua en el estuario

Otras actividades localizadas pueden presentar riesgos a la cantidad y la calidad del agua en la Laguna de Términos. La mayor parte de las personas que viven en torno a la laguna se encuentran en Ciudad del Carmen o en la Isla del Carmen. La descarga de residuos y otras formas de contaminación provenientes de Ciudad del Carmen afectan la calidad del agua del estuario. Las aguas residuales provenientes de actividades de PEMEX, petroquímicas y de otros tipos (por ejemplo una planta de nitrógeno) se encuentran entre las posibles fuentes de alteración en la calidad del agua de la laguna. Se ha mencionado como un posible factor en la mitigación de los efectos negativos provenientes de estas actividades (incluida Ciudad del Carmen) a las corrientes prevalecientes dentro de la Laguna de Términos que llevan la mayor parte del desagüe directamente hacia la salida de Boca del Carmen, donde se diluye en la Sonda de Campeche y el Golfo de México. Sin embargo, durante la temporada de los Nortes, y a veces durante la época de las lluvias, las aguas de la laguna están bien mezcladas, y esta contaminación puede entrar a la laguna y permanecer en ella. Si esto sucede a menudo y el tiempo de residencia en la laguna aumenta debido a la disminución en la afluencia de agua dulce, los contaminantes pueden comenzar a acumularse en los sedimentos, afectando los componentes biológicos del sistema. Esta acumulación puede llegar a limitar la viabilidad del sistema como hábitat estuarino y zona de cría, con consecuencias asociadas para la biodiversidad.

El dragado de canales para la navegación y la exploración de petróleo puede interrumpir el flujo superficial difuso desde el bajo Usumacinta y el río San Pedro/San Pablo hacia la Laguna de Términos, lo cual podría afectar localmente a elementos de biodiversidad importantes tales como los lechos de ostras. La construcción de carreteras, en particular la carretera propuesta desde Palizada hasta Atasta mencionada anteriormente, puede influir de manera similar sobre el flujo superficial, el depósito de sedimentos y las distribuciones y abundancias bióticas. Además, la perforación de pozos de petróleo y las actividades asociadas de dragado y canalización en el delta pueden afectar el modelo de sedimentación y contribuir a la subsidencia que, junto con la suba potencial del nivel del mar como consecuencia del cambio climático, puede afectar significativamente la distribución y supervivencia de las comunidades biológicas en el estuario.

5. Principales interesados y sus intereses

La Comunidad Internacional para la Biodiversidad y la comunidad mexicana para la conservación y la investigación científica del ecosistema. Las principales ONG internacionales, incluidas The Nature Conservancy, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y Conservación Internacional, y sus socios mexicanos, ven a la Laguna de Términos y a la Reserva de la Biosfera Centla como ecosistemas de humedales de importancia internacional, lo que se refleja en su inclusión en la lista de la Convención de Ramsar sobre los Humedales. En consecuencia, la zona costera figura de manera prominente en los planes estratégicos de las tres. The Nature Conservancy las incluye como parte del área focal de los Humedales Costeros de Yucatán. Conservación Internacional las designa “área clave para la biodiversidad” dentro de su programa de “Hotspots” de Mesoamérica.

Las cuencas superiores de los sistemas fluviales del Candelaria y del Grijalva-Usumacinta se ubican dentro del Corredor Biológico Mesoamericano. Las tres ONG internacionales presentan al Bosque Maya y sus parques y reservas de la biosfera asociados en sus listas de prioridades. Cada organización trabaja con socios mexicanos y guatemaltecos, así como con los organismos de gobierno correspondientes, para promover la protección legal, la planificación para la conservación de sitios y el desarrollo de la capacidad de implementación a fin de lograr la protección permanente.

El motivo por el cual estas áreas son fuente de preocupación es el temor tanto del desarrollo de proyectos de gran escala como de la invasión y la destrucción constantes causadas por la explotación local continua de la tierra y los bosques. Los grupos conservacionistas y algunos activistas sociales y de derechos humanos dentro y fuera de la región perciben el programa Plan Puebla-Panamá para integrar las economías de México y América Central como una amenaza. Su preocupación es que el plan de desarrollo desplaza a las comunidades pobres en las zonas altas y acelere la construcción de autopistas y de infraestructura eléctrica que traerá formas de modernización que no se perciben como beneficiosas para la conservación de la biodiversidad o para los grupos locales. Estas instituciones también perciben como amenazas las prácticas locales del uso del suelo, las fuerzas del mercado, los esfuerzos pobres de implementación y las inversiones para el desarrollo en los humedales y las cuencas.

Petróleos Mexicanos, PEMEX. PEMEX se encuentra bajo una presión considerable para continuar contribuyendo al presupuesto del gobierno nacional y proveyendo empleos y rendimientos de las inversiones a la economía mexicana. Sus inversiones en la Sonda de Campeche, frente a la costa de la Reserva de Centla y del Área de Protección Laguna de Términos representan más del 80 por ciento del petróleo crudo y el 30 por ciento del gas natural producido por México. PEMEX tiene la intención de establecer 17 pozos mar adentro y un extenso sistema de oleoductos submarinos en la zona de la plataforma de Campeche. Las instalaciones en tierra de PEMEX se ubican dentro de la Reserva de la Biosfera Centla y en las zonas adyacentes. Hace poco declaró públicamente que no planea abrir nuevos pozos de exploración y desarrollo en tierra dentro de la reserva, pero se comprometió a explotar al máximo los sitios que ya están operando. Algunos de estos pozos están dentro o cerca del Núcleo de la Reserva de Centla. Una razón primordial para establecer del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos fue evitar que PEMEX expandiera sus actividades de exploración y desarrollo en la laguna y los humedales asociados.

PEMEX se enfrenta a una necesidad constante de prevenir los derrames de petróleo crónicos de estos oleoductos e instalaciones así como de remediar las áreas dañadas por las instalaciones existentes y los derrames anteriores. También debe hacer frente a una serie de conflictos con los pobladores, los pescadores y otros en estas áreas, que busca resolver de diferentes maneras. En el pasado estos reclamos se solucionaban mediante pagos periódicos y arreglos con grupos individuales o comunidades, pero se encontró que esto fomentaba ciclos adicionales de protestas públicas y reclamos de compensaciones. Más recientemente, PEMEX efectuó pagos a los estados costeros, incluidos Campeche y Tabasco y está considerando la formación de un Fondo para la Pesquería del Golfo de México que financiaría los proyectos de desarrollo de las pesquerías. También financia proyectos de restauración y de desarrollo turístico en el área de Centla.

PEMEX también ha mostrado preocupación por la seguridad física de su red creciente y su inversión marina de miles de millones de dólares. Mantiene un sistema sofisticado de rastreo y respuesta para todos los barcos que se acercan a sus instalaciones en el agua y en los humedales, incluidas las lanchas pesqueras y otros barcos operados por la población local.

Pescadores que operan en la Sonda de Campeche. Si bien la caída de la pesca de camarón en la Sonda puede ser atribuida a los cambios ambientales de largo plazo así como a la sobrepesca y al manejo ineficiente, los pescadores se están concentrando en las crecientes restricciones de acceso a los campos de yacimientos petrolíferos y de gas en la Sonda de Campeche. Todavía persiste el recuerdo de uno de los derrames de petróleo más grandes del mundo, el acontecimiento Ixtoc de 1979. Hay derrames crónicos a lo largo de la costa. Los pescadores quieren indemnización por la pérdida de acceso a las zonas de pesca y se enojan ante las medidas de seguridad cada vez más estrictas establecidas por PEMEX a fin de proteger las torres de perforación y los oleoductos de daños físicos. Éstas y otras quejas llevan a los pescadores a realizar bloqueos de carreteras cerca de las instalaciones

procesadoras de petróleo y gas en tierra firme así como a actuar en contra del personal de PEMEX que viaja en la zona.

Comunidades en situación de pobreza extrema que viven en las costas de las lagunas.

Estas comunidades tienen acceso muy limitado a los servicios básicos, agua potable y alcantarillado. Los habitantes del pueblo Palizada están apoyando firmemente la construcción de la carretera Atasta-Palizada, dado que ven su aislamiento o el acceso difícil como una limitante para su desarrollo económico. Los pueblos locales continúan buscando indemnización de PEMEX por los daños ambientales pasados y actuales a los humedales costeros, las vías fluviales y las lagunas causados por la construcción de instalaciones, los oleoductos, la infraestructura y los derrames, lo que ha ocasionado el desplazamiento de residentes y la degradación del hábitat de pesquerías. También quieren que se destinen fondos a la economía local y al desarrollo de la comunidad y sostienen que deben recibir una mayor parte de los beneficios de los pagos de PEMEX a las autoridades nacionales y estatales. Si bien no viven en “extrema pobreza”, los ganaderos al sur de la laguna también solicitan que se les brinde una parte justa del “desarrollo socioeconómico”.

Beneficiarios potenciales de la represa y del canal de derivación de agua. Los recursos del agua, los árboles maderables y la capacidad de la producción agrícola de todas las cuencas en esta región pobre y subdesarrollada en el sur de México se ven afectados por la deforestación, especialmente de maderas preciosas, y por el manejo pobre de la agricultura y su ineficiencia. Éstos producen la erosión del suelo y la intensificación de los conflictos sociales. Esta región se encuentra en el corazón del segmento mexicano del Plan Puebla-Panamá. Los líderes políticos, los promotores y los inversores ven beneficios para sí mismos y para las poblaciones locales muy pobres que fluyen de un programa de desarrollo en gran escala que podría traer mejoras en el transporte, las comunicaciones, la agricultura, los recursos del agua, la generación de energía eléctrica y el control de las inundaciones.

Los residentes, los líderes empresariales y los funcionarios públicos en las áreas central y costera de Tabasco están más preocupados por la protección de la Ciudad de Villahermosa, que se encuentra en una situación cada vez más vulnerable. Se concentran en la protección de las áreas colonizadas y de la infraestructura económica en expansión de lo que perciben como inundaciones anuales cada vez más destructivas y que periódicamente llegan a ser extremas.

El personal y las comisiones de agua de las Regiones XI (Tabasco y Chiapas) y XII (Campeche, Yucatán y Quintana Roo). La Comisión de la Región XI se creó en el año 2000 y la Comisión de la Región XII, el año anterior. Estas instituciones incipientes en el sur de México todavía no se han enfocado en el manejo de la cuenca fluvial o del acuífero. Las cuencas del Grijalva-Usumacinta y del Candelaria están divididas entre dos Regiones de Agua designadas a nivel nacional. El programa de recursos hídricos de la Región XI reconoce el problema del flujo de agua dulce a los estuarios en términos de la cantidad y la calidad, específicamente para el sistema de humedales de laguna de La Encrucijada a lo largo de la costa central de Chiapas en la costa del Pacífico. Sin embargo, a la fecha se han

llevado a cabo pocos estudios acerca de este problema. El programa de la Región XII no menciona específicamente estuarios y lagunas. Hasta ahora, los Consejos de las Cuencas se han concentrado en problemas específicos como los trabajos de infraestructura para el suministro y el control de inundaciones, la descentralización de las decisiones de asignación de agua y el funcionamiento de los distritos de irrigación.

La municipalidad de Carmen y de Ciudad del Carmen. La Municipalidad, que incluye la ciudad y las zonas rurales alrededor de la Laguna de Términos, ha crecido dramáticamente desde que comenzó el auge del desarrollo petrolero marino en la década de 1980.

Actualmente debe encarar varios problemas serios, entre ellos, hacer frente a los excesos de inmigración y crecimiento urbano descontrolado; la escasez de tierras sobre las cuales se puede construir, lo cual pone presión en las áreas propensas a inundaciones y en los manglares; serias deficiencias en la infraestructura que incluyen el suministro pobre de agua potable, y sistemas inadecuados de recolección y tratamiento de aguas residuales y desechos sólidos. Se encuentra entre 32 ciudades grandes reconocidas a nivel nacional como puntos focales importantes para la planificación ambiental. La Ciudad también busca diversificar su economía a fin de anticiparse al bajón post-petrolero. Su intento de hacer frente a una gama tan amplia de desafíos en el desarrollo urbano y rural con escasos recursos financieros se ve frustrado, sobre todo dada la generación de riqueza petrolera frente a su costa que alimenta el sistema financiero mexicano con muy pocas ganancias para la región.

6. Actual sistema de gobernabilidad para la laguna y la cuenca

La Comisión Nacional de Áreas Nacionales Protegidas (CONANP) es responsable por todos los parques y reservas mexicanos. La Laguna de Términos fue declarada Área de Protección de Flora y Fauna a nivel federal en 1994. Los límites de esta Área de Protección incorporan partes de las cuencas bajas de los ríos Candelaria, Chumpan y Palizada y lindan con la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, creada en 1992. Un equipo compuesto por cinco personas de CONANP administra ambas reservas, un área de 1.007.723 hectáreas.

El plan de manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos incluye un mapa de zonificación detallado que asigna tierras dentro del Área de Protección a cinco categorías de uso que van desde “muy restringido” hasta “urbano”. El plan recurre a numerosos actores federales, estatales y no gubernamentales para que contribuyan a la implementación de los 24 elementos del plan de manejo. El personal asignado al desarrollo del plan de manejo del Área de Protección Laguna de Términos trabajó con un Consejo Consultivo que reunió a una diversidad de interesados y académicos, e inicialmente se estableció para proveer un mayor balance a los intereses locales y estatales en el manejo de la reserva. Se creó un subcomité para hacer frente específicamente a los asuntos relacionados con el desarrollo del petróleo. El Consejo comenzó promisoriamente pero nunca logró funcionar de manera transparente ni enfocar su actividad eficientemente. Inmediatamente después, tanto PEMEX como el gobierno federal redujeron su apoyo al consejo y a sus miembros y establecieron otros mecanismos para apoyar el desarrollo de

proyectos locales. El Consejo se disolvió cuando se nombró a un nuevo Director del Parque en el año 2000.

La revisión del plan del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos realizada por Currie-Alder (2001) destaca dos debilidades en asuntos relacionados con la cuenca y con el flujo de agua dulce. La primera es la escasa consideración que el plan presta a los posibles impactos de los cambios en la afluencia de agua dulce a la laguna. La segunda es la ausencia de un mecanismo para involucrar a los interesados en los asuntos locales o en temas de mucho mayor impacto como el control de las inundaciones, la generación de energía hidráulica y los continuos cambios en el uso del suelo. Esta crítica hace notar que el Consejo Consultivo se caracterizó por una gran preocupación por el Área de Protección y un sentimiento de pertenencia respecto al plan. Este informe da a entender que no se debió disolver el Consejo.

7. Actividades futuras propuestas

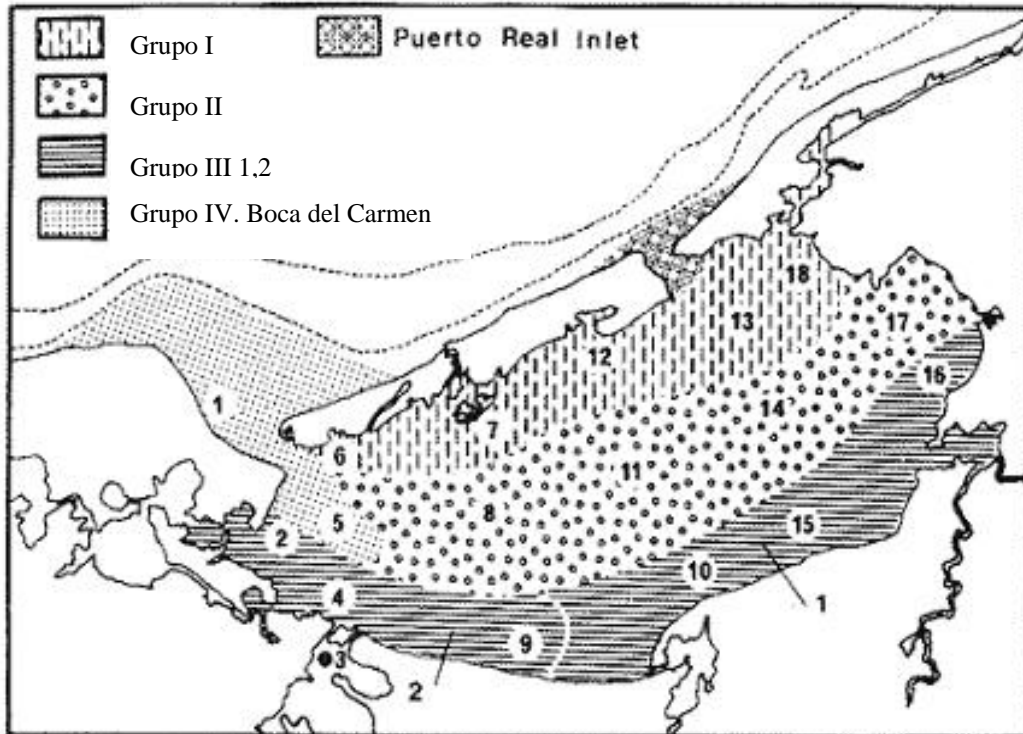
Como se mencionó anteriormente, el equipo del proyecto concluyó que las afluencias principales de agua dulce del sistema del Palizada en este momento no parecen estar amenazadas por ninguna represa importante. Sin embargo, recomendamos que se establezca un programa de monitoreo relativamente sencillo que le permita a los encargados del parque y a otros interesados registrar cualquier cambio futuro significativo en la afluencia de agua dulce a la laguna y comprender mejor los efectos de los impactos localizados en el estuario. Este tipo de monitoreo también debe estar diseñado para mejorar la comprensión científica de las relaciones biofísicas en la laguna. Con esta finalidad, el equipo del proyecto contrató al Dr. Alejandro Yáñez-Arancibia y al Dr. John Day de la Universidad Estatal de Louisiana, quienes han estado trabajando en la Laguna de Términos por más de diez años, para elaborar sugerencias para un programa de monitoreo a largo plazo de este tipo. Mediante su análisis, hemos identificado un programa de monitoreo para la Laguna de Términos que ofrece la posibilidad de aumentar nuestra comprensión científica del estuario y de registrar cualquier cambio futuro debido a actividades de manejo del suelo y del agua. En el futuro, el equipo del proyecto analizará con los encargados del parque y otros interesados el programa de monitoreo propuesto, la factibilidad de su implementación y métodos y protocolos de monitoreo específicos.

7A. Plan de monitoreo propuesto

Se seleccionaron sitios de muestreo en base a la dinámica funcional de la Laguna de Términos y de los cinco subsistemas descritos por Yáñez-Arancibia y Day (1980) y Yáñez-Arancibia y Day (2005), los que se muestran en la figura que se presenta a continuación.

- Grupo I, el litoral interior de la Isla del Carmen, ubicada en el lado norte de la laguna, presenta una influencia marina persistente, que mantiene los niveles de salinidad y transparencia altos.
- Grupo II, la cuenca central, considerada como un área de transición entre las condiciones marinas del lado nororiental y las zonas salobres de los lados sur y oeste, tiene un gradiente que va de agua marina a agua dulce.

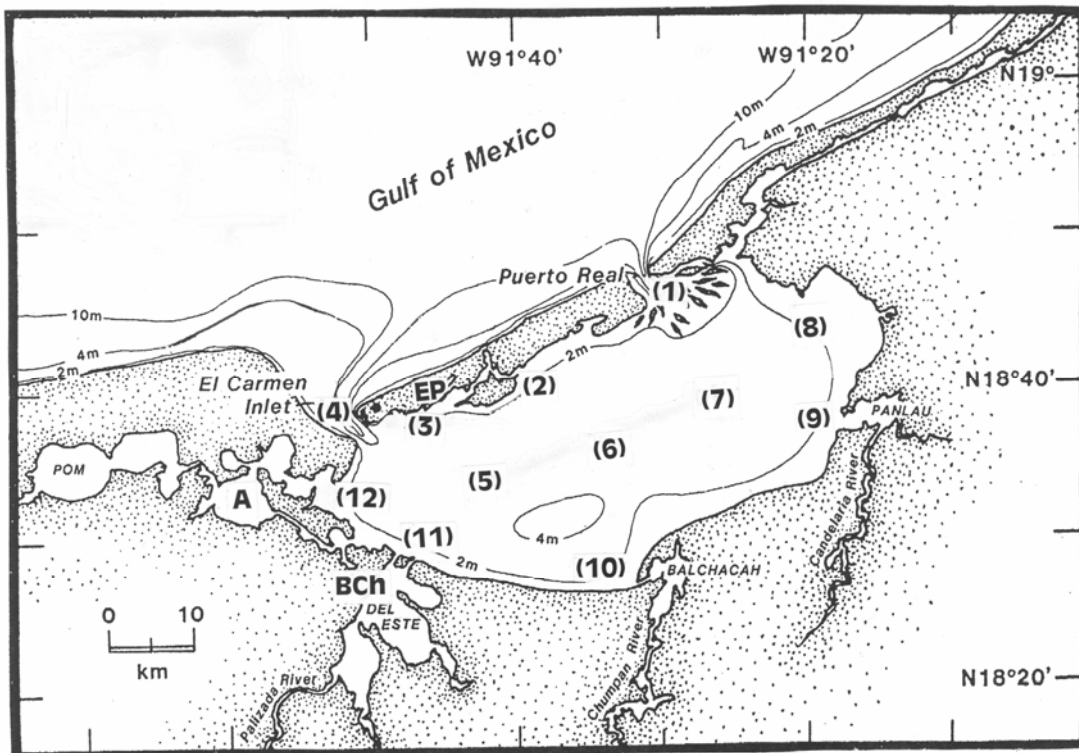
- Grupo III, los sistemas fluviales-lagunares que se encuentran en los lados sur y oeste de la laguna tienen niveles de salinidad y transparencia bajos.
- Grupo IV, Boca del Carmen, que se encuentra en el lado occidental de la laguna, recibe influencia de agua dulce de los sistemas fluviales-lagunares adyacentes, aguas marinas del Golfo de México y agua salobre de la laguna.
- Grupo V, Boca del Puerto Real, que se encuentra en el lado oriental de la laguna, tiene una influencia predominantemente marina, con altos niveles de salinidad.



Los sitios de muestreo cubren las dos bocas, el litoral interno de la Isla del Carmen, la cuenca central y las bocas del sistema fluvial-lagunar a la laguna:

- Sitio 1 = boca de Puerto Real
- Sitio 2 = Litoral interno de la Isla del Carmen (Isla Pájaros)
- Sitio 3 = Boca de Estero Pargo
- Sitio 4 = Boca del Carmen
- Sitio 5 = Cuenca central (occidental)
- Sitio 6 = Cuenca central (medio occidental)
- Sitio 7 = Cuenca central (medio oriental)
- Sitio 8 = Cuenca central (oriental)
- Sitio 9 = Fluvial-lagunar (boca del río Candelaria)
- Sitio 10 = Fluvial-lagunar (boca del río Chumpan)
- Sitio 11 = Fluvial-lagunar (boca del río Palizada)
- Sitio 12 = Fluvial-lagunar (boca de Atasta)
- Sitio EP = Estero Pargo
- Sitio BCH = Boca Chica
- Sitio A = Atasta

El siguiente mapa muestra la ubicación de los sitios de muestreo recomendados.



Parámetros del muestreo, ubicación y frecuencia del muestreo:

Sitio individual dentro del estuario:

1. Nivel del agua con mareógrafos, temperatura del aire, precipitación y cobertura de nubes; mediciones continuas
2. Profundidad de la columna de agua, estado de la marea, velocidad y dirección de la corriente, temperatura del agua, pH y conductividad; mensualmente

Sitios 1-12, mediciones mensuales:

1. Salinidad, superficie y fondo
2. Transparencia del agua, profundidad del Sechi y partículas en suspensión
3. Concentración de clorofila-*a* en la superficie
4. Concentración de nutrientes en la superficie
5. Concentración de oxígeno en la superficie y en el fondo
6. Bacterias coliformes en la superficie y en los arrecifes de *Crassostrea virginica*
7. Temperatura del agua, pH y conductividad

Lechos de Thalassia testudinum (pastos marinos), sitios 1, 2 y 3:

1. Biomasa de pastos marinos, mensualmente o tres veces al año, en febrero (fin de la estación de “nortes”), mayo (fin de la estación seca) y octubre (el momento de mayor descarga del río después de la estación de lluvias)
2. Distribución de pastos marinos, monitoreada usando fotografías aéreas, por estaciones, según se describió anteriormente

Hábitats de manglares, sitios Estero Pargo, Boca Chica y Atasta:

1. Caída de hojarasca de manglar, mensualmente
2. Crecimiento del tallo de manglar, anualmente
3. Aterramiento, anualmente
4. Elevación del sedimento, anualmente
5. Profundidad de la columna de agua dentro de los pantanos de manglar, continuamente o mensualmente

Interpretación y aplicación de datos:

Pueden usarse los datos del monitoreo para interpretar el impacto de los cambios en la cantidad y la calidad del agua sobre la productividad y la salud de la Laguna de Términos. La descarga de los ríos proporciona agua dulce, que reduce la salinidad; nutrientes, que estimulan la productividad, y sedimentos en suspensión, que reducen la penetración de luz en la columna de agua. Las mediciones en la caída de hojarasca y el crecimiento del tallo de manglares y la salinidad del suelo pueden correlacionarse con la media de la salinidad de la laguna, los datos del clima y la descarga del río a fin de determinar el impacto de los cambios en la cantidad y la calidad del agua sobre la productividad de los manglares. Las medidas de la biomasa de los pastos marinos y su extensión aérea y la clorofila son

indicadores de la productividad de los pastos marinos, La correlación de estos datos con los nutrientes, la transparencia de la columna de agua, la descarga del río y otros factores puede ayudar a comprender el impacto de los cambios en la afluencia de agua dulce.

Los datos sobre la precipitación, evaporación, aportes de agua subterránea y descarga del río pueden usarse para calcular los balances hídricos anuales. Con el tiempo, esto proporcionará datos sobre la variabilidad interanual en el balance hídrico y tendencias a un plazo más largo en sus componentes. La información del balance hídrico también puede usarse para calcular los aportes de nutrientes y los sedimentos en suspensión, así como los tiempos de residencia en la laguna.

Parámetros tales como las concentraciones de nutrientes, la clorofila, la turbidez y las bacterias coliformes pueden servir como indicadores de la calidad del agua. Se pueden desarrollar índices de calidad del agua a partir de estos parámetros con el fin de identificar el estado y las tendencias de la calidad del agua y la salud de la laguna. Luego, éstos pueden compararse con los cambios en la calidad y la cantidad de los aportes de agua dulce a fin de determinar el impacto de estos cambios en la laguna. Las mediciones de aterramiento, elevación de la sedimentación y profundidad de la columna de agua en los sitios de manglares pueden proporcionar información sobre los impactos de la construcción de caminos y dragado de canales sobre estos hábitats importantes.

En conjunto, la información mencionada permitirá la evaluación de la sostenibilidad a largo plazo del ecosistema de la Laguna de Términos.

Referencias

- Amezcu-Linares, Felipe, y A. Yáñez-Arancibia. 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Autónoma de México, 7(1): 69-118.
- Castilla, I. 2001. La Península de Yucatán: Un Avance en el Manejo Integral de Cuencas por la CNA. XI Congreso Nacional de Irrigación. Guanajuato, México. 19-21 Septiembre.
- Comisión Nacional de Agua. 2003. Programa Hidráulico Regional 2002-2006 Región XI Frontera Sur.
- Comisión Nacional de Agua. 2003. Programa Hidráulico Regional 2002-2006 Región XII Península de Yucatán.
- Comisión Nacional de Agua. 2003. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006.
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT. 1997 Programa de manejo del Área de Protección de Flora y Fauna "Laguna de Términos".
- Currie-Alder, Bruce. 2001. Collaborative Management of the Mexican Coast. Public participation and the oil industry in the Terminos Lagoon Protected Area. Tesis de Maestría. Universidad Simon Fraser, Canadá.
- Day, Jr. J., *et al.* 2003. Using ecotechnology to address water quality and wetland habitat loss problems in the Mississippi basin: A hierarchical approach. *Biotechnology Advances* 5291 (2003).
- David, Laura T. 2000. Laguna de Términos, Campeche. LOICZ. Land Ocean Interface in the Coastal Zone.
<http://data.ecology.su.se/mnode/mexicanlagoons/terminos/terminosbud.htm>
- EPOMEX. 1992. Informe Anual, Julio 1991-Julio 1992. Proyectos de Investigación. P. 33.
- Estado de Tabasco. 2002. Plan Estatal de Desarrollo.
- Estado de Tabasco. 2002. Programa Estatal de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente
- Frias, M. 2003. Proyecto Nacional México Tercer Milenio.
http://www.mexicotm.com/interior/p/p_boca_cerroenglish.html
- Instituto Nacional de Pesca. 2000. Carta Nacional de Pesca.
- Labougle, Juan Manual. 2002. Atlas Territorial, Región de Términos. Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable, A.C. Ciudad de México.
- Lerliche Guzman, Luis Fernando. 1995. Isla Del Carmen: La Historia Indecisa de un Puerto Exportador.... El caso de la industria camaronesa (1947-1982).
- Niembro Rocas, A. sin fecha. *Haematoxillum campechianum*. En: USDA Forestry Service. Tropical Tree Manual. Disponible en Internet:
<http://www.rngr.net/Reforestation/Publications/TTSM>. Véase capítulo 4.
- Oczkowski, A. 2005. *Charaterizing seasonal water flows in the Términos Lagoon*. Narragansett, RI: Coastal Resources Center, Universidad de Rhode Island.
- Olsen, S., T. Padma y B. Richter. 2006. A Guide to Managing Fresh Water Flows to Estuaries. Narragansett, RI: The Nature Conservancy y the Coastal Resources Center, Universidad de Rhode Island.
- Ortiz, N. 17 October 2003. Desmantelada flota pesquera. Tabasco Hoy.

- The Nature Conservancy. 2003. Gulf of Mexico Watersheds. A Joint Proposal to USAID for New Site Assessments. Junio 16, 2003.
- Rivera, Iris. 12 Octubre 2003. Promueven pesca en zona restringida. Tabasco Hoy.
- Rivera Arriaga, E., y G. Villalobos Z. 2001. Identificación de Problemas y Oportunidades para el Manejo de la zona costera de Campeche, Mexico. JAINA En Línea, Vol. 12 no. 2.
- Rojas-Galaviz, J.L., A. Yáñez-Arancibia, J.W. Day y F.R. Vera-Herrera. 1992. Estuarine Primary Producers: Laguna de Terminos---A Study Case. En: U. Seeliger, ed., Coastal Plant Communities of Latin America. San Diego: Academic Press.
- Salazar, H., I. Castañeda Camey y L. Vidal. 2000. Women in Fisheries in Mexico. Women Crab Processors, Peninsula of Atasta, Municipality of Carmen, Campeche. En: Workshop on Gender and Coastal Fishing Communities in Latin America. International Collective in Support of Fish Workers.
- Secretaría de Ecología, Estado de Campeche. Online Map Server.
<http://www.ecologia.campeche.gob.mx/arcims/website/consulta-mapas.htm>
- SEDESOL, Estado de Campeche. Población por Localidad 1995. Secretaría de Desarrollo Social, Dirección de Estadística e Información. Tomado de INEGI, Censo 1995.
- Toledo, Alejandro. 2003. Ríos, Costas y Mares: Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México, D.F.
- Vargas Maldonado, Irma, y A. Yáñez-Arancibia, 1987. Estructura de las Comunidades de Peces en Sistemas de Pastos Marinos (*Thalassia testudinum*) de la Laguna de Términos, Campeche, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México, 14 (2): 181-196.
- Yáñez-Arancibia, A., F.A. Linares y J. Day. 1980. Fish community structure and function in Terminos Lagoon, a tropical estuary in the southern Gulf of Mexico. En: V. Kennedy, ed., Estuarine perspectives. The Fifth Biennial International Estuarine Research Federation Conference. Jekyll Island, Georgia. Oct. 7-12, 1979. Academic Press Inc., Nueva York 465-482.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, A. Aguirre-León, S. Díaz-Ruiz, F. Amezcua Linares, D. Flores Hernandez y P. Chavance. 1985. Ecología de poblaciones de peces dominantes en estuarios tropicales: Factores ambientales que regulan las estrategias biológicas y la producción. En: Yáñez-Arancibia, ed., Ecología de comunidades de peces en estuarios y lagunas costeros. Hacia una integración de ecosistemas. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México, México, D.F., pp. 311-365.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Chavance y D. F. Hernández. 1983. Environmental Behavior of Terminos Lagoon Ecological System, Campeche, Mexico. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México, 10 (1): 137-176.
- Yáñez-Arancibia, A., D. Zarate, J. Rojas-Galaviz y G. Villalobos. 1994. Estudio de declaratoria como área ecológica de protección de flora y fauna silvestre de la Laguna de Términos, Campeche. En: D. Suman, ed., El Ecosistema de Manglar en América Latina y La Cuenca del Caribe: Su manejo y conservación. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Universidad de Miami y Tinker Foundation, Nueva York.