



# Ríos, costas, mares

Hacia un análisis integrado de las  
regiones hidrológicas de México

Alejandro Toledo

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Instituto Nacional de Ecología  
El Colegio de Michoacán



# RÍOS, COSTAS, MARES



Primera edición: agosto de 2003

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

D.R. © El Colegio de México, A.C.  
Camino al Ajusco 20  
Pedregal de Santa Teresa,  
C.P. 10740, México, D.F.  
www.colmex.mx

D.R. © El Colegio de Michoacán, A.C.  
Martínez de Navarrete 505  
Las Fuentes  
C.P. 59699, Zamora, Mich.  
www.colmich.edu.mx

COORDINACIÓN EDITORIAL, DISEÑO  
DE INTERIORES Y TIPOGRAFÍA: Raúl Marcó del Pont Lalli  
DISEÑO DE LA PORTADA: Álvaro Figueroa  
FOTO DE LA PORTADA: Claudio Contreras  
CORRECCIÓN DE ESTILO: Eduardo Chagoya Medina

551.480972 Toledo, Alejandro  
T654r Ríos, costas, mares. Hacia un análisis integrado de las regiones  
hidrológicas de México / Alejandro Toledo - INE -- México,  
INE-Semarnat, 2003  
1. Hidrología-México 2. Regiones hidrológica-México  
3. Ríos y corrientes-México 4. Costas y mares-México

ISBN: 968-817-

Impreso y hecho en México

# RÍOS, COSTAS, MARES

HACIA UN ANÁLISIS INTEGRADO  
DE LAS REGIONES HIDROLÓGICAS  
DE MÉXICO

*ALEJANDRO TOLEDO*



EL COLEGIO DE MICHOACÁN, A.C.

Este libro es resultado de los trabajos  
realizados en el marco del proyecto Tepalcatepec



# ÍNDICE

---

INTRODUCCIÓN	•	7
LA CUENCA DE LOS RÍOS GRIJALVA Y USUMACINTA	•	17
El escenario	•	17
Localización	•	21
La fisiografía	•	23
El ciclo del agua	•	25
El agua azul: los grandes sistemas de transporte energético	•	27
El agua verde: las zonas de producción y almacenamiento de energía	•	29
Los bosques y las selvas tropicales	•	29
Los tesoros biológicos costeros y marinos	•	31
Los usos de las aguas verdes y azules	•	34
Los problemas de la calidad	•	44
Agua y sociedad	•	46
LA CUENCA DEL RÍO BALSAS		
El escenario	•	53
Localización	•	55
Fisiografía	•	56

El ciclo del agua	•	58
Las aguas azules del río Balsas	•	59
El agua verde: las zonas de almacenamiento y producción de energía	•	64
Los bosques y las selvas	•	65
Los bosques de pino y encino	•	65
Las selvas tropicales subhúmedas	•	67
Las zonas de depositación y almacenamiento: el delta del río Balsas	•	68
El delta	•	68
Los usos de las aguas verdes y azules del Balsas	•	72
Los problemas de la calidad	•	85
Agua y sociedad	•	87
CONCLUSIONES	•	91
BIBLIOGRAFÍA	•	99
ÍNDICE ANALÍTICO	•	107

## INTRODUCCIÓN

---

EN UNA REGIÓN HIDROLÓGICA existen dos zonas de importancia ecológica y social críticas y estrechamente interconectadas: la terrestre y la marina. La primera de ellas está integrada por la cuenca alta, las planicies costeras y la zona intermareal. La segunda, por el litoral costero y la zona marina (Ray 1991, figura 1). En la zona terrestre, dominada en regiones complejas por una cuenca hidrológica, se reconocen tres unidades funcionales básicas (figura 1b): la cuenca alta o zona de producción, que es una auténtica “caja negra” que controla los insumos primarios del ecosistema fluvial y donde el agua, los sedimentos, la materia orgánica particulada, los materiales y minerales disueltos fluyen de las montañas hacia los canales, al valle aluvial y a la desembocadura; la zona de transferencia o transporte, integrada por la red de ríos que la constituyen, a través de la cual se transportan los materiales, minerales y nutrientes; y, finalmente, la zona de almacenamiento, en la que juega un papel de importancia vital, por su alta productividad biológica, la zona costera, donde los materiales se depositan, se retienen y se hacen disponibles en forma de nutrientes y alimentos para los numerosos seres vivos que la pueblan, incluidas las sociedades humanas (Schumm 1977, Petts y Amoros 1996). En la zona marina, por su parte, el

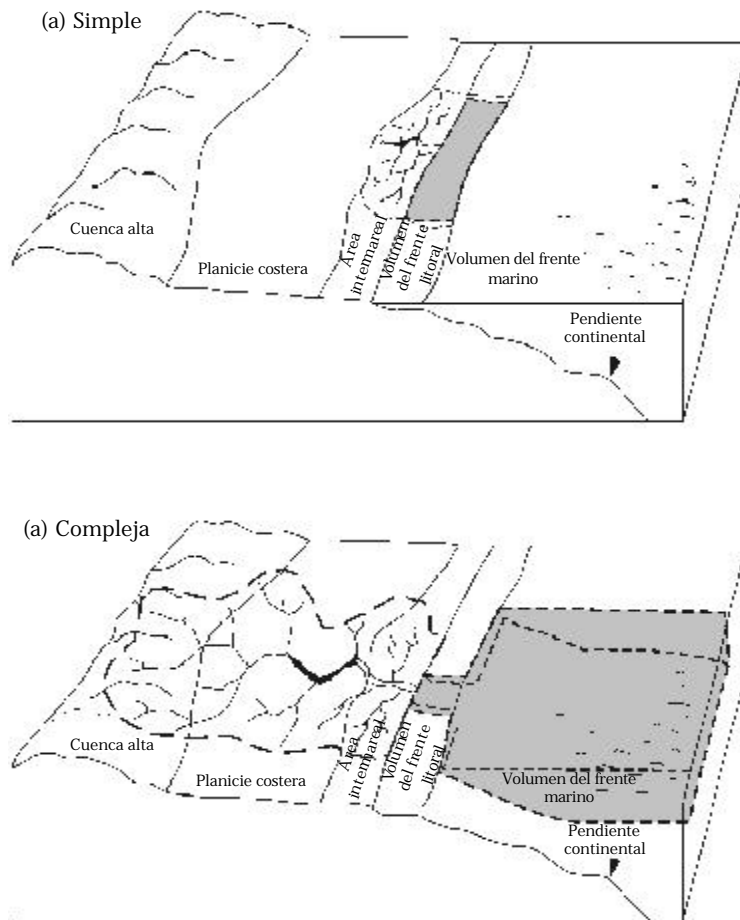


litoral costero es un área cubierta de agua en forma permanente y sujeta a condiciones cambiantes por el flujo de las mareas. Y, finalmente, la región marina es una porción delimitada generalmente por el borde externo de la plataforma continental, posee masas de aguas caracterizadas por la doble influencia de las aguas dulces continentales y las aguas marinas transportadas por las corrientes oceánicas. Desde una perspectiva geomorfológica e hidrológica estas diferentes porciones de una región hidrológica se conectan espacial y temporalmente por flujos de materiales, energía y biota.

Una región hidrológica se caracteriza además por una alta variedad de gradientes y ecotonos regulados por cuatro tipos básicos de procesos: fisiográficos, biogénicos, climáticos y fisicoquímicos. Los procesos fisiográficos (mareas, olas y surgencias, entre los mayores) establecen ecotonos paralelos a la línea costera. Biogénicamente, los gradientes se producen por la interacción de organismos vivos con estructuras físicas, formando hábitat marinos, costeros y terrestres característicos como arrecifes coralinos, pastos marinos, humedales costeros, zonas estuarinas y planicies de inundación. Los gradientes climáticos son responsables de las diferentes respuestas de los organismos a cambios físicos en los ambientes terrestres y marinos de una región hidrológica, cuyas escalas temporales varían de minutos hasta cientos de años. Y, finalmente, los gradientes fisicoquímicos establecen condiciones de oxigenación, salinidad y temperatura, capaces de regular y controlar los desplazamientos espaciales y temporales de los organismos en los distintos hábitat de la región hidrológica.

Estos gradientes se expresan en complejas jerarquías de ecosistemas, cada uno, con asociaciones bióticas características: biomas marinos, biomas litorales, biomas de mareas, biomas de planicies costeras y biomas de montañas. Los ambientes marinos y costeros de la región hidrológica presentan las mayores

FIGURA 1. SISTEMA HIDROLÓGICO. ESTRUCTURA FUNCIONAL



Región hidrológica: (a) Región simple y (b) Región Compleja. Unidades estructurales y funcionales básicas: cuenca alta o zona de producción; planicie costera o de inundación; área intermareal; litoral costero y frente continental marino.

Fuente: Tomado y adaptado de Ray 1991.

diversidades de formas de vida del planeta. Ellos albergan la más alta diversidad de vertebrados de todos los niveles taxonómicos: tres clases, 50 órdenes, 445 familias y aproximadamente 22,000 especies. Una alta proporción vive en la plataforma continental marina, pero aproximadamente 8,500 especies (40%) son de aguas dulces. De las 13,200 especies marinas, casi el 80% son habitantes del litoral costero (Ray 1991).

Existen, pues, interacciones críticas y recíprocas entre los ambientes terrestres y marinos de una región hidrológica. Hoy se sabe, por ejemplo, que los peces anadromos y los del litoral costero forman la base de una compleja cadena de alimentos que liga a los organismos de las cuencas altas de los ríos con los de la costa y el mar. La biomasa y los nutrientes (nitrógeno, fósforo, carbono y micronutrientes) derivados del mar se exportan a las aguas dulces y a las áreas continentales y viceversa. Estos subsidios refuerzan la productividad global de la región, estableciendo ligas entre el océano, las aguas dulces de las planicies costeras y las cuencas altas de los ríos, sosteniendo una compleja e intrincada cadena de alimentos que intersecta vertical y horizontalmente a la tierra y el mar. Cada año, y en diferentes estaciones, miles de millones de seres vivos migran de las zonas marinas a los estuarios, las planicies de inundación y a las zonas altas de los ríos a desovar, crecer, alimentarse y buscar refugio (Polis 1996, Polis et al. 1995 y 1997, Wilson et al. 1998).

El reto de comprender a este hidrosistema en su continuidad y complejidad, plantea a científicos y planificadores la necesidad de un nuevo paradigma basado en un enfoque holístico, que permita conocer cómo funcionan juntos, como sistemas fuertemente acoplados, complejos e integrados, los ríos, las costas y el mar; y de qué naturaleza son las funciones ecológicas y los servicios ambientales que prestan, en conjunto, a la sostenibilidad del sistema terrestre y de las sociedades humanas (Costanza, 1991 y 1997, LOICZ-IGBP 1994, Folke 1997). Se trata de una tarea formi-

dable que requiere de la comprensión de cómo procesos a distintas escalas, espaciales y temporales, pueden mantener e incrementar la diversidad y la productividad de este supersistema ecológico. Se requiere por ello de una auténtica revolución en nuestras concepciones de cuenca hidrológica, zona costera y marina, las que han sido estudiadas hasta ahora como entidades separadas y no como sistemas complejos, abiertos, dinámicos y altamente interconectados.

Este cambio de paradigma es un paso decisivo en la percepción de los problemas vinculados con la viabilidad de la vida en la Tierra porque plantea la necesidad de incorporar a las decisiones sobre las intervenciones humanas en los ecosistemas, los conocimientos acerca de los procesos biogeoquímicos que controlan los flujos energéticos que generan y sostienen a estos sistemas ecológicos, poniendo de relieve el papel vital de sus funciones y servicios. Enfrenta además a los científicos de las disciplinas naturales (especialmente los vinculados con las ciencias marinas, costeras y fluviales) y a los científicos sociales (especialmente a los historiadores, antropólogos, sociólogos y economistas) al reto de hacer una ciencia diferente a la que hasta ahora han practicado: transdisciplinaria y auténticamente comprometida con el sostenimiento de las bases biofísicas de la vida en la Tierra.

Este nuevo enfoque reconoce el doble papel del agua precipitada y captada en una región hidrológica, identificándolas como aguas azules y aguas verdes. Las primeras son las aguas superficiales de una cuenca hidrológica junto con las que se almacenan en sus acuíferos, así como los volúmenes almacenados en los cuerpos litorales y marinos, y que se utilizan directa e indirectamente para satisfacer las diferentes necesidades humanas (aprovechamientos de energía, cultivos de alimentos y materias primas agroindustriales, usos públicos-urbanos, industriales, vías de comunicación, pesca y acuicultura, etc.). Las segundas, son las aguas

usadas por los ecosistemas para cumplir con sus diferentes funciones y servicios ambientales. Como sistemas complejos abiertos, vivos y dinámicos, los ecosistemas modifican y redistribuyen las aguas azules, convirtiéndolas en aguas verdes cargadas de materia orgánica y otros elementos vitales que sostienen a los seres vivos que pueblan el ecosistema terrestre. La región hidrológica es vista, así, como un todo que es gobernado por los flujos fisicoquímicos globales a través del ciclo hidrológico y cuyos componentes se encuentra estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales (Folke 1997).

En este contexto, las funciones de los ecosistemas se refieren a una amplia gama de propiedades o procesos entre las que destacan: la regulación del clima, la capacidad de recuperación ante las perturbaciones externas, la regulación de los flujos hidrológicos, el almacenamiento y la retención de agua, el reciclaje de nutrientes, etc. En tanto que los servicios de los ecosistemas, consisten de flujos de materiales, energía e información que contribuyen a la generación y conservación de la productividad biológica de los ecosistemas y que combinados directa e indirectamente con el trabajo humano, hacen posible la producción de bienes y servicios para satisfacer las necesidades humanas. En suma, los servicios ecológicos y las funciones de los ecosistemas son en una alta proporción los responsables de la producción y la reproducción de la vida en una región hidrológica.

Con esta visión se empieza a generar conocimiento sobre las contribuciones de las funciones y los servicios ecológicos que articulan las cuencas hidrológicas, las costas y el mar. Lo que se sabe acerca de estas contribuciones es suficiente para afirmar que constituyen una porción significativa de los valores ecológicos y económicos del planeta: cerca del 63% del valor total estimado de los servicios de los ecosistemas terrestres corresponden a los sistemas marinos y costeros. La contribución de los ambientes costeros es desproporcionadamente grande porque apenas repre-

sentan el 6.3% de la superficie terrestre y contribuyen con el 43% del valor de los servicios. En cuanto a los sistemas continentales, sobresalen las contribuciones de los bosques de las cuencas altas que aportan 14% del valor de los servicios totales de los ecosistemas terrestres y la de los bosques adyacentes a la franja litoral, especialmente selvas bajas y manglares, que aportan otro 15% (Folke 1997, Costanza et al. 1997).

El marco espacial del presente análisis se sitúa en la región conocida históricamente como Mesoamérica, cuyo territorio se caracteriza por su extraordinaria riqueza física, biológica y cultural. Entre sus riquezas naturales sobresalen sus grandes hidrosistemas constituidos por un amplio y variado conjunto de ríos, planicies de inundación, lagunas costeras y zonas marinas. Desde el extenso sistema del Grijalva-Usumacinta en el Golfo de México, hasta los bloques montañosos que forman los encajonamientos y la Gran Depresión que albergan a los sistemas del Lerma-Chapala-Santiago y al río Balsas, en el centro y el Pacífico central mexicanos, este enorme mosaico de ecosistemas presenta singularidades ecológicas y sociales que hicieron de Mesoamérica uno de los mayores centros de biodiversidad de la Tierra y la cuna de grandes civilizaciones urbanas cuya diversidad dio lugar a regiones culturales como la tarasca en el Centro-Occidente; la otomí en el Valle de Toluca; la mezcala, en Guerrero; la teotihuacana, tolteca y mexicana, en la cuenca de México; la huasteca y totonaca, en la cuenca del Pánuco; la mixteca y zapoteca, en Oaxaca; la olmeca y maya, en el sureste de México y Centroamérica. En buena medida, se trata de culturas del agua. Situadas en la parte hidrológicamente mejor dotada de la América neotropical, con abundantes precipitaciones, configuraciones montañosas y valles altos, planicies y selvas tropicales, pero sobre todo, ríos, que integraron y comunicaron sus diversas regiones, sus desarrollos fueron muchas veces la expresión de la habilidad de sus sociedades para aprovechar los recursos que les ofrecían estos variados hidrosistemas.

Los sucesivos períodos históricos mesoamericanos (prehisánico, colonial, independiente y moderno) atestiguaron las modalidades específicas que adquirieron las relaciones entre cada grupo humano y sus ecosistemas, el establecimiento de intensos procesos de intercambio –económico, político y cultural– entre habitantes de diferentes regiones, a menudo bastante distantes entre sí, y las drásticas modificaciones que sufrieron los paisajes mesoamericanos al ritmo de las revoluciones tecnológicas que dieron lugar al nacimiento y al florecimiento de la agricultura, a la irrigación de cultivos, a la introducción de nuevos alimentos y la explotación de materias primas agroindustriales, las que, junto con la ganadería de bovinos, la minería y la ocupación de espacios por grandes urbes y metrópolis comerciales, impusieron y marcaron por siglos las relaciones con frecuencia depredadoras de las sociedades mesoamericanas con sus entornos.

Este texto examina, desde esta perspectiva ecológica, económica, social e histórica, dada por los procesos de gran escala que controlan el ciclo hidrológico en las cuencas, las costas y el mar, así como por las actividades humanas que se desarrollan en estos espacios, especialmente en el último siglo, el estado de dos de las principales regiones hidrológicas mexicanas. Se pone énfasis en las interrelaciones ecológicas, económicas y sociales que conectan a los ecosistemas fluviales, costeros y marinos de estas regiones. Una de ellas, situada en la vertiente del Golfo de México integra la región del Grijalva-Usumacinta; y la otra, en la vertiente del océano Pacífico forma la región del río Balsas, ambas consideradas como regiones hidrológicas prioritarias por las autoridades ambientales de México y por la comunidad científica internacional (CONABIO 1997).

El autor desea hacer patente sus agradecimientos al Dr. Boris Graizbord y al M. en C. Cuauhtémoc León, ambos del Programa LEAD de El Colegio de México; a los doctores Carlos Herrerón y

Miguel Hernández, de El Colegio de Michoacán y al Dr. Gerardo Bocco, del Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), por sus apoyos para la realización de este trabajo. También al personal del Sistema de Información Geográfica (SIG) de El Colegio de México y del Instituto Nacional de Ecología (INE), especialmente al geógrafo José Luis Pérez Damián, por sus asesorías en la preparación y edición del material cartográfico y a la Dirección de Publicaciones del INE, por su labor editorial. De igual modo, agradece al Ing. Ricardo Martínez y a la Biól. Araceli López, de la Dirección de Planeación Hidráulica de la Comisión Nacional del Agua, por las facilidades otorgadas para el uso de los bancos de datos, los múltiples informes y reportes técnicos utilizados en el desarrollo de la investigación. Finalmente, desea extender su gratitud a los doctores Luis Aboites, del Centro de Estudios Históricos de El Colegio de México, Brigitte Bohem y Luis Esparza, colegas de El Colegio de Michoacán, lectores pacientes de las diferentes versiones de este trabajo y cuyas observaciones sirvieron para mejorarlo sustancialmente.

Alejandro Toledo  
EL COLEGIO DE MICHOACÁN, A.C.  
Zamora, Michoacán. Julio de 2003.





# LA CUENCA DE LOS RÍOS GRIJALVA Y USUMACINTA

## EL ESCENARIO

LA REGIÓN DE LOS RÍOS Grijalva y Usumacinta, en el sureste de México, es una de las zonas ecológicas de más alta diversidad biológica y cultural del territorio mexicano. En solamente 4.7% de superficie de la masa continental del país, sus ecosistemas albergan el 64% de la biodiversidad nacional conocida (cuadro 1). Es, como todo el universo biogeográfico y social mexicano, un mosaico de ecosistemas y culturas. Dotada de las más amplias plataformas continentales carbonatadas de los mares mexicanos, de un rico conjunto de arrecifes coralinos, de grandes extensiones de pastos marinos, del sistema de lagunas costeras más extenso de México, de las mayores planicies costeras del litoral mexicano, de las más amplias extensiones de bosques de manglar que bordean la porción mexicana del Golfo de México, de las mayores reservas de aguas dulces del país, de masas forestales que albergan la más alta diversidad biológica conocida de Mesoamérica, la región del Grijalva-Usumacinta es una de las más ricas entre las situadas en la franja intertropical conocida como el Cinturón genético de la Tierra.

Algunos de sus más relevantes rasgos geomorfológicos y climáticos, macizos centrales, cadenas montañosas y depresiones sujetas a precipitaciones torrenciales, dieron lugar al naci-

miento de dinámicos sistemas fluviales cuyas corrientes se precipitan hacia el litoral, desde alturas superiores a los 4,000 msnm, después de largos y sinuosos recorridos, acarreado ricas tierras aluviales y formando las mayores planicies costeras de la vertiente del Golfo de México. Este inmenso trabajo de la naturaleza es fundamentalmente obra de los ríos que integran la compleja cuenca del Grijalva-Usumacinta.

Los servicios de los ecosistemas de la cuenca (la regulación de los ciclos biogeoquímicos, el mantenimiento de los flujos hidrológicos y la recarga de los acuíferos, la conservación de la productividad biológica y la biodiversidad de sus ecosistemas) y sus numerosas funciones ecológicas (la regulación climática, la capacidad de recuperación frente a las perturbaciones ocasionadas por fenómenos meteorológicos extremos, el control de flujos, la oferta de aguas dulces, el control de la erosión, la retención de sedimentos y la formación de suelos, el reciclaje de nutrientes, el tratamiento y control biológico de desechos, la creación de áreas de refugio para la fauna silvestre, el establecimiento de zonas de producción de alimentos, la conservación de bancos genéticos, la generación de espacios habitables para sus poblaciones humanas) constituyen procesos críticos para el mantenimiento del sistema terrestre y para la sostenibilidad presente y futura de la sociedad mexicana.

Desde los bosques de coníferas y las selvas subhúmedas y húmedas de sus cuencas altas y bajas hasta las plataformas carbonatadas del Golfo de México, el movimiento del agua es el factor ambiental crítico que organiza la vida y vincula a los ecosistemas fluviales, costeros y marinos de esta región hidrológica. La forma y los ritmos de la circulación del agua determinan la productividad, la estabilidad y la salud general de este supersistema hidrológico. La regularidad de los factores que mantienen los equilibrios dinámicos de la circulación del agua hacen de la región un complejo mecanismo autosostenido: mantiene un sistema general de circulación de energía, transporta nutrientes

y minerales desde las fuentes (bosques de coníferas y selvas tropicales) hasta los grandes sistemas de almacenamiento (planicies, pantanos, lagunas costeras y plataforma continental) y transforma estos nutrientes en energía disponible para los organismos en sus distintas áreas de alimentación (manglares, praderas de pastos marinos, plataformas continentales y arrecifes coralinos).

Todos estos mecanismos regulados por el ciclo hidrológico concentran en la cuenca del Grijalva-Usumacinta el 30% de los escurrimientos de los ríos de México ( $147 \text{ km}^3/\text{año}$ ) y convierten a este enorme hidrosistema ecológico en el almacén de la más alta biodiversidad conocida de México: es el hábitat del 64% de las especies vivientes en el territorio nacional y ocupa el primer lugar a nivel nacional en número de plantas superiores (20,000 especies), de peces de aguas dulces (150 especies), de anfibios (180 especies) y de aves (240 especies). (Instituto de Geografía-UNAM, SEMARNAT 1996: cuadro 1).

CUADRO 1. CUENCA GRIJALVA-USUMACINTA: BIODIVERSIDAD, FLORA Y FAUNA

TIPO	NÚMERO DE ESPECIES EN MÉXICO	% DE ESPECIES ENDÉMICAS	LUGAR A NIVEL MUNDIAL	NÚM. DE ESPECIES EN LA REGIÓN	ESPECIES ENDÉMICAS (%)	LUGAR A NIVEL NACIONAL
Plantas sup.	30,000	12	4°	20,000	6.5	1°
Peces de agua dulce	504	8	7°	150	4	1°
Anfibios	293	62	4°	180	5	1°
Reptiles	707	55	1°	200	10	2°
Aves	505	32	2°	240	14	1°

Fuente: Instituto de Geografía, UNAM-SEMARNAT 1996, citado en CNA 2002.

Esta vinculación entre cuenca de drenaje, sistemas costeros y marinos fue comprendida y manejada por las antiguas culturas que florecieron en esta región. Este sistema hidrológico complejo y altamente integrado ha sido escenario de algunas de las mayores hazañas culturales en la historia del hombre en el continente americano. Así lo atestiguan sus abundantes obras hidráulicas olmecas y mayas y muchas de las prácticas de las poblaciones indígenas que hoy la habitan. La diversidad cultural de la región es un fiel reflejo de su diversidad biológica.

Desde comunidades agrícolas rústicas hasta los estados agrícolas complejos y refinados de los mayas clásicos, las densas poblaciones asentadas en la cuenca del Grijalva-Usumacinta lograron manejar su riqueza biológica sin destruirla, por cientos de años. Estas sociedades hidráulicas comprendieron y manejaron sus ecosistemas, a veces con tecnologías altamente sofisticadas, como puede observarse en los vestigios arqueológicos de sistemas complejos de manejo del agua en las inmediaciones de la Laguna de Términos (Palizada y Edzná) y en las prácticas todavía existentes de los policultivos tradicionales en las vegas de los ríos (Matheny 1978, Willey 1978, Wisman 1978). Los ríos y lagunas fueron para ellos abundantes almacenes de alimentos; las selvas de sus cuencas altas les proporcionaron una amplia variedad de alimentos vegetales y animales, medicinas y otros bienes esenciales; sus variados sistemas acuáticos los proveyeron de una constante oferta de agua y de proteínas de origen animal en forma de peces, tortugas y moluscos; los corredores fluviales los dotaron de ricas tierras aluviales que les permitieron desarrollar cultivos de altísima productividad, aún comparados con los rendimientos de la agricultura mecanizada occidental. Sus cultivos practicados en las tierras altas bajo el sistema de roza-tumba-quema, sus campos elevados y sus terrazas en las llanuras inundables, permitieron la regeneración de sus selvas y la conservación de sus pantanos. Después de siglos de ocupación humana del área, su riqueza bio-

lógica permaneció sin grandes desequilibrios. Hay cada vez mayores evidencias que demuestran la capacidad de estos sistemas hidroagrícolas para sustentar las grandes poblaciones humanas que habitaron el trópico húmedo de México, anterior a la llegada de los conquistadores europeos.

En la actualidad, el 16% de la población total de la región (764,430 hab.) pertenece a alguna de las etnias indígenas que las habitan, entre las que se cuentan: tzeltales, tzotziles, choles, tojolabales, zoques, kanjobales, chontales de Tabasco, mames, zapotecos, mayas, jacaltecos, nahuas, chinantecos y chakchiqueles. Dos subregiones, el Bajo Grijalva y el Usumacinta, suman el 76% de esta población indígena. Estas comunidades hacen de la región del Grijalva-Usumacinta, la de mayor diversidad étnica de México. Son estas sociedades indígenas las que han logrado preservar y continuar la domesticación del germoplasma vegetal y una gran cantidad de los alimentos básicos que consume el país. Según Caballero (1990) existen 1,936 especies registradas y 909 especies nombradas y utilizadas entre los mayas; 10,000 especies presentes y 1,040 especies nombradas y utilizadas entre los tzeltales).

Hoy, bajo la presión del mercado y de la modernización de las estructuras económicas del país, muchas de las prácticas y conocimientos de estas poblaciones se han transformado y, tal vez, junto con la diversidad biológica de algunos de sus ecosistemas, se perdieron para siempre. En el panorama de las realidades mexicanas actuales, este sector de la sociedad nacional presenta, en su conjunto, los más altos índices de pobreza y marginación.

## LOCALIZACIÓN

La cuenca del Grijalva-Usumacinta se localiza en el sureste de la República mexicana y administrativamente comprende los estados de Tabasco y Chiapas y pequeñas porciones de Campeche.

Su extensión territorial es de 91,345 km<sup>2</sup> y representa el 4.7% del territorio nacional. Su población es de 9, 919,793 habitantes que corresponden al 5% de la población de México, según los últimos datos del XII Censo General de Población del año 2000 (INEGI 2000). Sus latitudes extremas son al norte los 18° 39' latitud Norte y al sur los 16° 30' latitud norte, al extremo oriente se ubica en los 90° 22' y al oeste en los 94° 38' (cuadro 2, mapa 1).

CUADRO 2. CUENCA DEL GRIJALVA-USUMACINTA:  
EXTENSIÓN TERRITORIAL Y POBLACIÓN PARA EL AÑO 2000

Subcuencas	SUP (km <sup>2</sup> )	%	POBLACIÓN (HAB.)	%	DENSIDAD (HAB./KM <sup>2</sup> )
Tonalá-Coatzacoalcos	6,859	7.5	610,449	12.4	89
Alto Grijalva	9,643	10.6	431,290	8.8	45
Medio Grijalva	20,146	22	1,428,948	29.0	71
Bajo Grijalva (Sierra)	9,617	10.5	576,607	11.7	60
Bajo Grijalva (Planicie)	12,163	13.3	1,198,532	24.4	99
Lacantún-Chixoy	19,858	21.8	394,676	8.0	20
Usumacinta	13,059	14.3	279,291	5.7	21
Total	91,345	100	4,919,793	100	54
Nacional	1,953,162	4.7	97,361,711	5	50

Fuente: CNA 2002.

## LA FISIOGRAFÍA

Un complejo fisiográfico integrado por la Sierra Madre de Chiapas o Macizo Cristalino y Granítico de Chiapas al sur; la Sierra Norte de Chiapas al centro; los suaves lomeríos de la sierra de la Lacandonia y las Sierra Bajas del Petén guatemalteco al este y las llanuras costeras del Golfo al norte, integran un variado mosaico de paisajes terrestres que descienden desde alturas superiores a los 4,000 msnm hasta el nivel del mar en el Golfo de México, favoreciendo la formación de ricos ecosistemas terrestres, costeros y marinos (cuadro 3, mapa 2).

La Sierra Madre del Sur constituye el parteaguas entre la vertiente del Pacífico y del Golfo. La Meseta central o Altiplanicie se localiza en la parte central de Chiapas. Ella forma el parteaguas entre las cuencas del Grijalva y el Usumacinta. Se distinguen tres regiones con grandes mesetas: Cuxtepeques y Comitán, con alturas medias de 1,600 msnm; Ixtapa, con 1,000 msnm y Zinacantán y San Cristóbal de las Casas, con altitudes de 2,100 msnm. La depresión central de Chiapas presenta altitudes en el sureste hasta de 700 msnm descendiendo hacia el noroeste a 500 msnm. El relieve lo constituye una meseta asociada con cañadas, que da lugar a valles amplios como el del Alto Grijalva. Las partes altas se encuentran cubiertas por una vegetación de coníferas, pinos y encinos, mientras que la selva tropical predomina en sus elevaciones medias y bajas. Las Sierras del Norte ocupan una extensa porción del estado de Chiapas y una parte del estado de Tabasco. Las altas precipitaciones (superiores a los 4,000 mm al año) y su declive hacia el Golfo dan lugar a la formación de extensos depósitos estructurales que han recibido sedimentos desde fines del Paleozoico o principios del Mesozoico. Hasta hace muy pocos años sus cimas estaban cubiertas por extensos bosques de pino y encino. En sus partes bajas se encuentran selvas tropicales muy perturbadas. Remata hacia el norte la Llanura



CUADRO 2. CUENCA GRIJALVA-USUMACINTA: PROVINCIAS FISIGRÁFICAS

PROVINCIA	SUBPROVINCIA	SUPERFICIE km <sup>2</sup>	PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE TOTAL EN LA REGIÓN
Llanura costera del Golfo sur	Llanura y pantanos tabasqueños	28,010.58	30.59%
	Sierras del norte de Chiapas	10,615.73	11.59%
Sierra de Chiapas y Guatemala	Sierra Lacandona	16,540.72	18.06%
	Sierras bajas del Petén	705.71	0.77%
	Altos de Chiapas	15,040.45	16.42%
	Depresión Central de Chiapas	4,636.53	5.06%
Coordillera Centro Americana	Sierras del sur de Chiapas	16,026.12	17.50%

Fuente: INEGI 1996.

costera del Golfo, de topografía plana, sujeta a una intensa erosión regresiva, que forma una amplia llanura aluvial y de barrera (West et al. 1976) .

### EL CICLO DEL AGUA

La precipitación de la región es la mayor del país y una de las más altas del mundo. Su media anual es de 2,143 mm, 2.6 veces el promedio nacional. En la Sierra de Chiapas y en la Sierra de la Lacandonia, las precipitaciones sobrepasan en algunos lugares los 4,000 mm al año y llegan hasta los 5,000 mm, mientras que en la zona costera del norte, promedia 2,093 mm al año y alcanza los 2,750 mm. La temperatura media anual es de 24 °C y de 7 y 41°C en los extremos, lo que establece un gradiente de climas cálidos y semicálidos húmedos con influencia marina en la zona norte y en la parte central de la región (mapa 3).

La invasión de masas de aire frío del norte y húmedos tropicales del Atlántico y el Pacífico provocan la mayoría de las precipitaciones anuales en la región. Lluve prácticamente todo el año, el 83% de los 365 días, pero especialmente las lluvias se concentran en verano, otoño e invierno. Sólo la primavera es relativamente seca. En el verano las lluvias son muy intensas. Entre el otoño y el invierno soplan los nortes, con lluvias prolongadas y torrenciales. Los ríos y lagunas alcanzan sus máximos niveles entre septiembre y noviembre, lo que vuelve a la planicie un espejo de agua. Es la época de las inundaciones, que provocan desastres en la agricultura y las poblaciones asentadas en la llanura costera del norte. La conformación litológica de los márgenes de los ríos y de los suelos de aluvión, la sinuosidad de los cauces, con abundantes meandros y las grandes descargas de sedimentos y materiales de las cuencas altas hacen de la planicie un área fácilmente erosionable y sujeta a las

grandes inundaciones que se dan periódicamente en la llanura costera, especialmente en el área conocida como “Olla de la Chontalpa”. Esta situación ha obligado la construcción de estructuras especiales de defensas permeables las que, sin embargo, no han solucionado los problemas en épocas de avenidas y de fenómenos extremos como los que se presentaron en 1995 y 1999.

En estas condiciones impuestas por el ciclo hidrológico, la pérdida de suelos por erosión hídrica extrema y muy extrema afecta al 89% del territorio de Tabasco y al 83% de Chiapas y alcanza valores de pérdidas de suelos mayores a las 500 ton/ha/año. La erosión hídrica es especialmente crítica en la Sierra Madre de Chiapas, los Altos de Chiapas y en las montañas marginales del norte, donde los valores van de severos a extremos (mayores de 100 ton/ha/año); severa y alta (de 25 a 100 ton/ha/año) en la Selva Lacandona, Valles centrales y Malpaso, provocados y acelerados por los intensos procesos de deforestación que ocasiona la erosión de laderas, frecuentes derrumbes y caídas de árboles que obstruyen el flujo del agua y provocan taponamientos e inundaciones. Actualmente se presentan problemas críticos de inundaciones en 10,531 ha de la planicie costera, especialmente en la zona central de Tabasco y en las llanuras del Usumacinta, cuyas consecuencias catastróficas se ven magnificadas por el crecimiento desordenado y sin ninguna planeación de cientos de comunidades rurales y por el crecimiento explosivo de las periferias urbanas en zonas de alto riesgo: áreas bajas, planicies inundables e incluso dentro de los cauces y los vasos de presas, lo que ha obligado a realizar costosísimas y a veces inútiles obras de defensa.

## EL AGUA AZUL: LOS GRANDES SISTEMAS DE TRANSPORTE ENERGÉTICO

La región hidrológica del Grijalva-Usumacinta está integrada por tres subregiones (Alto Grijalva, Bajo Grijalva y Usumacinta y una parte de la subregión de Coatzacoalcos) y seis cuencas (Grijalva-Tuxtla Gutiérrez, Grijalva-La Concordia, Grijalva-Villahermosa, Usumacinta, Lacantún y Chixoy) que tienen un escurrimiento natural total al año estimado en 108.6 km<sup>3</sup>, más un escurrimiento proveniente de Guatemala de 38 km<sup>3</sup>, que comparado con el escurrimiento promedio anual del país que es de 410 km<sup>3</sup>, representa el 30.79% de los escurrimientos totales de México (mapa 4).

Por la configuración de sus cuencas de drenaje, las montañas del sistema Grijalva-Usumacinta, relativamente alejadas del litoral costero del Golfo de México, poseen una gran capacidad de formación de tierras aluviales costeras. Comparativamente, esta capacidad es seis veces mayor que la del sistema del Missi-ssippi y más de diez veces la del río Grande (Moody 1967).

El río Grijalva nace en Huehuetenango, en las cumbres de la Sierra del Soconusco, Guatemala, para luego fluir entre las montañas chiapanecas. Por la margen derecha sus corrientes formadoras son guatemaltecas, en tanto que por su izquierda, son completamente mexicanas. Entre cañones como los de El Sumidero y La Angostura, el río cruza territorio chiapaneco y al llegar a los límites con Tabasco, cambia su nombre por el de Mezcalapa. Después de recibir el tributo del Pichucalco o Ixtacomitán, el Mezcalapa recibe inmediatamente las contribuciones del río de la Sierra, que nace en la meseta central de Chiapas, y adopta nuevamente el nombre de Grijalva, nombre con el que llega a Villahermosa, para seguir su curso hacia el mar. Todavía en este trayecto final recibe la aportación de los ríos

Chilapa y Chilapilla, que son dos brazos del río Tepetitlán o Tulijá, el último de los grandes caudales que se incorpora al Grijalva, procedente de las montañas chiapanecas. Tras esta larga travesía confluye en Tres Brazos, 84 km después de Villahermosa, con los dos brazos del Usumacinta, 12 km más abajo pasan junto a Frontera y siete kilómetros más adelante desemboca al Golfo de México por la Barra de Frontera.

El Usumacinta nace de los ríos Chixoy y Lacantún. El Alto Usumacinta marca la frontera entre Guatemala y México. Recorre 200 km a partir de la unión del río Salinas y el río de la Pasión, tributarios que le dan origen en el Gran Petén guatemalteco. El Usumacinta se abre paso entre desfiladeros e imponentes acantilados de más de 300 m de altura, hasta Boca del Cerro, a 12 km de Tenosique, en el estado de Tabasco. Allí comienza el Bajo Usumacinta y recibe 60 km después de Tenosique al más caudalosos de sus afluentes: el San Pedro, procedente del Petén guatemalteco. Después de Jonuta se le desprende el río San Pablo, que sirve de límite entre los estados de Tabasco y Campeche, hasta desembocar en el Golfo de México por la Barra de San Pedro.

Las características ambientales, climáticas y de suelos en la cuenca, permite almacenar grandes volúmenes de esta agua azul. Existen 19 acuíferos identificados en la región. La principal zona de recarga se encuentra en la Sierra de Chiapas y en las épocas de lluvia la realimentación se lleva a cabo por infiltración vertical o por las numerosas corrientes superficiales. Se estima esta recarga en 7,008 Mm<sup>3</sup> al año y un ritmo de extracción de 674 Mm<sup>3</sup> al año, lo que da como resultado una disponibilidad estimada en 6,334 Mm<sup>3</sup>.

## EL AGUA VERDE: LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

### LOS BOSQUES Y LAS SELVAS TROPICALES

Las masas forestales de las zonas altas, las numerosas asociaciones vegetales de sus planicies costeras y litorales y sus abundantes praderas de pastos, han desempeñado una serie de funciones ambientales vitales para la región: son un factor de importancia crítica en la estabilidad climática del hemisferio norte y en la productividad de las zonas costeras, el litoral y el océano en el sur del Golfo de México. Su papel es decisivo en la mayoría de los servicios ambientales de la cuenca: el reciclaje de nutrientes, el control de flujos, la oferta de aguas dulces, el control de la erosión, la retención de sedimentos y la formación de suelos, el tratamiento y control biológico de desechos, la creación de áreas de refugio para la fauna silvestre, el establecimiento de zonas de producción de alimentos y la conservación de bancos genéticos (Lazcano-Barrero et al. 1992).

Los bosques de coníferas crecen en las partes más altas, en los macizos montañosos de la región, aunque algunas variedades como el *Pinus oocarpa*, penetran en áreas de clima caliente y se les ha registrado a 150 msnm; sin embargo, el grueso de las masas forestales de pinos de la región se presentan entre los 1,500 y 4,000 msnm y a temperaturas medias anuales entre los 10 y 20°C. Los pinares de *P. oocarpa* son los más comunes en la región. Otras variedades como *P. pseudostrobus*, *P. tenuifolia*, se presentan en parajes más húmedos. Son comunes también *P. ayacahuite* y *P. strobus* var. *Chiapensis* y *P. Montezumae*. Todavía es posible observar extensos pinares en el norte de Chiapas, circundando por el sur y el oeste a la selva lacandona (Rzedowski 1986).

Como todos los bosques y selvas tropicales del planeta, las masas forestales del Alto Grijalva-Usumacinta se caracterizan por su enorme biomasa vegetal, sus elevadísimas reservas de ele-

mentos nutritivos y su rápido reciclaje. Con un clima cálido, con temperaturas promedio de 24°C y precipitaciones de 4,000 mm anuales, las selvas húmedas (selvas altas perennifolias o bosques tropicales perennifolios) ocupan todavía una parte considerable de las zonas oriental y central de la Sierra de la Lacandonia. Aunque representan apenas el 0.4% del territorio nacional, el inventario de sus riquezas es absolutamente singular. En ellas habitan más del 20% de los vertebrados terrestres conocidos en México (Lazcano-Barrero et al. 1992). Según Dirzo (1991 y 1992) se han registrado 984 especies vegetales en la región y el total se estima en unas 4,000. De las 452 especies de dosel registradas por Wendt (1998), 272 (60%) se encuentran restringidas a la Provincia florística del Golfo de México. En términos de diversidad de especies por unidad de superficie, estas selvas se clasifican entre los ecosistemas más diversos de México, ya que cuentan con 267 especies por ha e incluyen 160 especies de árboles (Meave 1983). También son el hábitat de una abundante variedad de especies animales: allí habitan más del 20% de los vertebrados terrestres de nuestro país. Se han registrado 341 especies de aves y 112 de mamíferos, 77 de herpetofauna, entre las que se encuentran algunas en peligro de extinción como el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), el lagarto o cocodrilo de pantano (*C. moreleti*), y la tortuga blanca dulceacuícola (*Dermatemys mawii*) y más de 1,000 especies de insectos de un total probable de 36,000 especies entomológicas.

Los selvas tropicales caducifolias (selvas subhúmedas) se presentan en el Alto Grijalva y en los declives de la Depresión Central de Chiapas, por debajo de la cota de los 1,500 msnm y se desarrollan en climas cálido-templados y cálidos (entre los 20 y los 29°C) con abundantes lluvias de verano. Separadas de las selvas húmedas, la diversidad de estas selvas no es menor: se han registrado en ellas 989 especies, pertenecientes a 472 géneros y 97 familias (Reyes y Sousa 1997), lo que las convierte en

las selvas subhúmedas más diversas de los neotrópicos. En efecto, estas comunidades vegetales son los hábitat preferidos de 724 especies (29%) de los vertebrados terrestres de México, entre los que se cuentan 233 especies endémicas y son, igualmente, los más ricos ecosistemas de aves endémicas: allí vive el 36% de las aves endémicas de México (Flores-Villela y Gerez 1994, Lot y Novelo 1978).

#### LOS TESOROS BIOLÓGICOS COSTEROS Y MARINOS

Le extensa zona de humedales costeros que bordean el sur del Golfo de México se incluyen entre los más importantes del planeta. Sus planicies costeras forman la parte oriental de la compleja llanura deltaica del sistema Grijalva-Usumacinta. Sus humedales (manglares, popales y tulares) cubren 259,000 ha del litoral y se consideran como las más importantes coberturas de humedales costeros del sur del Golfo de México. Junto con los de Tabasco, integran la unidad de almacenamiento energéticos más importante de Mesoamérica. La productividad primaria neta de estos humedales es del rango de 75 ton/ha/año (Novelo y Lot 1988) y en ellos la degradación y mineralización de la materia orgánica es mucho más rápida que en las zonas templadas. Una parte de los minerales liberados se emplea directamente por una multitud de organismos y de plantas acuáticas. Otra porción es exportada a los ecosistemas litorales adyacentes y al mar. Albergan 45 de las 111 especies de plantas acuáticas reportadas para México, lo que la convierte en la reserva más valiosa de plantas acuáticas de Mesoamérica. En ella se encuentran especies de monocotiledóneas como *Sagittaria intermedia* y *Eichhornia azurea* y gramíneas como *Luziola subintegra* y *L. spruceana*, conocidas solamente en México de los pantanos de Tabasco y Campeche (Lot y Novelo 1988).



Integrada por una rica zona de tierras bajas, pantanos y humedales en el occidente de Tabasco, por el gran delta del sistema Grijalva-Usumacinta en la frontera de Tabasco y Campeche y el complejo lagunar de Términos, en Campeche, ésta es la mayor área de invernación de aves acuáticas del Golfo de México. La enorme variabilidad de los niveles del agua ocasionada por las lluvias torrenciales que se precipitan entre junio y septiembre, forman miles de lagos y pantanos ricos en alimentos para una verdadera multitud de aves y animales acuáticos. Los humedales del delta del Grijalva-Usumacinta albergan cuatro o cinco grandes colonias de anidación que se han estimado cada una en 50,000 parejas de aves. Entre ellas la rara cigüeña jabirú, el ave voladora más grande de América (mide 1.5 m de altura y tiene una envergadura cercana a los tres metros).

Grandes sistemas lagunares estuarinos bordean prácticamente todo el sur del Golfo de México, desde el occidente de Tabasco hasta la región de Laguna de Términos en Campeche. Al sistema lagunar tabasqueño constituido por la laguna de El Carmen-Machona, Mecoacán, Chiltepec, Rosario, Julivá-Santa Anita se agrega el gigantesco complejo lagunar de Términos. Siete grandes sistemas lagunares costeros con una superficie de 235.20 km<sup>2</sup> (1.47% del total nacional) y un volumen de 441.20 Mm<sup>3</sup>. Es bien conocido que esta clase de ecosistemas se encuentran entre los más productivos y ecológicamente más complejos de la Tierra. Su alta diversidad de factores ambientales, de hábitat, de conexiones internas e interacciones con los ecosistemas adyacentes (manglares, humedales costeros, pastos marinos y arrecifes coralinos) los dotan de una elevada productividad primaria y de una gran riqueza faunística y florística. La productividad primaria neta de estas lagunas costeras se ha estimado entre 500 y 4,000 g de peso seco/m<sup>2</sup>/año, la de los manglares, en 24 ton/ha/año, de peso seco y la de los arrecifes coralinos mayor de 15 ton/ha/año de peso seco sólo comparables entre los ecosistemas te-

restres a la productividad de las selvas tropicales (Yáñez-Arancibia et al. 1985, Flores-Verdugo 1989, SEMARNAP 1997).

El complejo lagunar de Términos, constituido por las lagunas de Pom, Atasta y Términos, es uno de los ecosistemas lagunares-estuarinos más extensos e importantes de México (200,108 ha)., lo que se manifiesta en su alta diversidad florística y faunística. En la Laguna de Términos se han identificado 1,468 especies de fauna, entre vertebrados terrestres y acuáticos, de las cuales 30 especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos se consideran como endémicas. Se reportan, además, 79 especies con algún riesgo o en peligro de extinción (como la cigüeña jabirú, el manatí, el cocodrilo y algunos felinos), así como ocho especies raras y tres vulnerables a cambios en su hábitat.

La riqueza íctica de los pantanos costeros no es menor. De las 500 especies de agua dulce enlistadas para América Central, a México le corresponden 367 (73%) y de éstas, el 57% se sitúan en la región sur del Golfo de México (Miller 1986).

Se estima que en las lagunas costeras existen 293 especies de peces, entre visitantes marinos, residentes permanentes, visitantes de aguas dulces y transeúntes migratorios. En cuanto a los moluscos se han identificado 95 especies en los sistemas lagunares tabasqueños y 174 en Laguna de Términos.

Culminan estos complejos sistemas de depositación y almacenamiento energéticos, las plataformas carbonatadas continentales más amplias del Golfo de México, de hasta 140 millas náuticas de ancho, conocidas como la Sonda de Campeche. Estructuralmente y como áreas de depositación, la Plataforma Carbonatada de la Sonda de Campeche se encuentra estrechamente vinculada, sobre todo en su porción occidental, con las descargas fluviales del sistema Grijalva-Usumacinta. Estos flujos se encuentran ligados con la naturaleza, el origen y la distribución de los sedimentos carbonatados biogénicos, las arenas limosas carbonatadas y los sedimentos lodosos que predominan y enriquecen los pisos

oceánicos de la Sonda, la cual tiene una extensión aproximada de 129,500 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 200 m. Esta extraordinaria amplitud, junto con las descargas del sistema Grijalva-Usumacinta y las abundantes lagunas costeras adyacentes, la convierten en un hábitat ideal para especies de gran valor comercial como la de los crustáceos y en la zona de pesquerías demersales más importantes del sur del Golfo de México.

Esta fauna de peces demersales ha sido cuantificada en no menos de 250 especies (Yáñez-Arancibia), de las cuales 43 han sido caracterizadas como especies dominantes por su abundancia, frecuencia y distribución. De las especies dominantes, 29 (70%) en alguna etapa de su ciclo de vida se encuentran en los complejos lagunares adyacentes, especialmente en Laguna de Términos.

Los análisis en períodos largos de las pesquerías en el sur del Golfo de México y en la Sonda de Campeche realizados por Sobrón-Chávez y Yáñez-Arancibia (1985), cuantifican y demuestran la estrecha correlación entre las capturas y las descargas de los ríos ( $r= 0.758$  para Tabasco;  $r= 0.932$  para Campeche y  $r= 0.922$  para Tabasco-Campeche). Asimismo, estos análisis también hacen patente la estrecha correlación entre capturas y extensión de las lagunas costeras y entre capturas y extensión de las áreas de vegetación costera.

Esta íntima, delicada y compleja conexión entre sus sistemas acuáticos continentales, costeros y marinos ha hecho de la región del Grijalva-Usumacinta el almacén más rico de la biodiversidad de México.

#### LOS USOS DE LAS AGUAS VERDES Y AZULES

La mayoría de las formaciones vegetales originales se encuentran en un intenso proceso de reducción y fragmentación por la coloni-

zación y las actividades forestales, agrícolas, ganaderas, aprovechamientos hidroeléctricos y de explotación de los hidrocarburos, impulsadas por el gobierno mexicano en las últimas décadas.

Como parte del proceso de modernización de las estructuras productivas de México, el gobierno mexicano promovió la ocupación del trópico, mediante una estrategia basada en tres líneas de acción: a) una política de colonización y desmontes que se orientó a eliminar grandes extensiones de selvas tropicales y establecer en las superficies desmontadas programas de cultivos alimenticios, inicialmente, y una agricultura comercial de plantación y la ganadería de bovinos, posteriormente; b) el aprovechamiento de sus recursos hídricos, con la finalidad de crear el más grande complejo hidroeléctrico del país y c) la explotación de sus ricos yacimientos petroleros.

Los resultados de estas políticas se reflejaron directa e indirectamente en el funcionamiento de este delicado hidrosistema tropical. En el breve espacio de medio siglo, Chiapas y Tabasco vieron sus espacios naturales transformados en favor de una agricultura comercial de plantación y una ganadería extensiva de bovinos. En tan solo medio siglo, Chiapas, uno de los estados de mayor diversidad biológica de México, con más de 8,000 especies de plantas con flores identificadas, fue despojada de su manto vegetal original y transformado en un enorme potrero. Chiapas pasó de una superficie ganadera estimada en 16% en 1940 a 63% a fines de los años 80. Tabasco es otro ejemplo de esta devastación: hacia mediados del siglo pasado se estimaba que el 48% de su territorio todavía estaba ocupada por selvas bajas. A principios de los años 80 esta superficie ya se había reducido al 9% (Toledo 1988, 1990 y Toledo y Ordoñez 1998).

Las estrategias de desarrollo agropecuarios emprendidas en la cuenca baja del Grijalva-Usumacinta se plantearon dos requerimientos previos: el control de los ríos y el drenaje de las planicies costeras (Casco 1979). Para cumplir con dichos requisitos

era preciso, a juicio de los planificadores, construir un sistema de grandes presas en las cuencas altas. Tales obras debían diseñarse para alcanzar objetivos múltiples: generar electricidad, controlar las inundaciones, suministrar aguas de riego y desecar las zonas pantanosas. Las obras de drenaje de las planicies también debían cumplir simultáneamente objetivos múltiples: los bordos servirían de caminos, los canales de vías de navegación y las estructuras para las descargas de demasías, como cauces de alivio y tomas de riego. Se emprendió así la más vasta tarea de transformación de los ecosistemas acuáticos de la cuenca, proceso acelerado por los intensos programas de explotación de los ricos mantos petroleros de la región.

El impulso a la agricultura de plantación y las agroindustrias favoreció el establecimiento de unos cuantos cultivos de plantación: caña de azúcar, coco, plátano, cacao y algunos cítricos en las planicies; café, frutales y hortalizas, en las cuencas altas. Inmediatamente estos cultivos predominaron en las zonas altas y en las áreas de riego y los distritos de temporal tecnificado de la región. Sin embargo, varios factores operaron en contra de esta clase de agricultura: en el caso de las plantaciones de las tierras bajas, los métodos de riego por gravedad y la falta de mantenimiento de la infraestructura, significaron una baja eficiencia en la utilización del agua; las técnicas mecanizadas y de grandes requerimientos de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) la hicieron energética y financieramente costosa; las aplicaciones inadecuadas de insumos (especialmente el abuso de plaguicidas), la falta de sistemas de control y la carencia de plantas de tratamiento de sus desechos la convirtieron en altamente peligrosa para los ecosistemas acuáticos; y, finalmente, su hipersensibilidad a las fluctuaciones del mercado, la volvieron extremadamente frágil y riesgosa en términos de los plazos requeridos para la recuperación de sus inversiones.

Los actuales procesos de globalización y de apertura de los mercados han acentuado estas debilidades y sumergido a esta

agricultura en una profunda crisis generalizada, de la que también ha participado su actividad complementaria: la ganadería, que ha visto multiplicadas sus dificultades por los profundos conflictos sociales y políticos alrededor de los problemas de tenencia de la tierra que hoy vive la región.

El control de los ríos para regular avenidas y generar energía fue objeto de un vasto programa que contempló la construcción de presas gigantes en varios puntos de las cuencas altas. En una primera etapa, este programa se propuso el control y la regulación del sistema del río Grijalva. Allí se construyeron cuatro grandes presas: La Angostura (la más grande del país), Chicoasén, Malpaso (la segunda más grande) y Peñitas. De estas presas sólo La Angostura y Malpaso fueron diseñadas para regular avenidas y la capacidad de ambas es de 11,400 Mm<sup>3</sup>. Los proyectos para el sistema del Usumacinta, quedaron para una segunda etapa. En cuanto a la generación de energía, la capacidad instalada de las presas (3,928 MW) corresponde al 40.5% de la capacidad hidroeléctrica nacional y al 52% de la energía generada por las plantas hidroeléctricas del país (12,817 GWh) (cuadro 4).

Estas gigantescas trampas de azolve afectaron drásticamente el enorme potencial de acarreo de sedimentos y formación de suelos del sistema Grijalva. Su capacidad para inundar y fertilizar las llanuras costeras, los humedales, las lagunas y la rica zonas de litorales adyacentes se vio bruscamente interrumpida. Los niveles de sólidos en suspensión descendieron drásticamente a prácticamente cero a partir de 1974 (Casco-Montoya 1979, Ortiz-Pérez 1988). Estos desequilibrios se reflejaron pronto en los balances de la zona fluvio-marina y en la estabilidad del frente costero. La dinámica acción de las corrientes litorales, de los vientos y las tormentas tropicales prevalecieron sobre la acción compensadora de las descargas fluviales. Playas y barreras arenosas han sufrido desde entonces intensos procesos erosivos y se encuentran en franco estado de regresión. El dominio de las aguas

CUADRO 3. CUENCA GRIJALVA-USUMACINTA:  
SISTEMA HIDROELÉCTRICO DEL RÍO GRIJALVA

CENTRAL	VOLUMEN TURBINADO Mm <sup>3</sup> /AÑO	CAPACIDAD INSTALADA (MW)	GENERACIÓN DE ENERGÍA (GWh)
Alto Grijalva			
Manuel M. Torres (Chicoasén)	10,942	1,500	5,580
Netzahualcoyotl (Malpaso)	13,376	1,080	3,200
Belisario Dominguez (La Angostura)	9,258	900	2,250
Bombaná	44	5	25
Schpoiná	76	2	12
Bajo Grijalva			
Ángel A. Corzo (Peñitas)	15,452	420	1,750
Total regional	49,148	3,907	12,817
Hidroeléctrica nacional		9,700	24,486
Capacidad total nacional		35,256	163,259

Fuente: CNA 2002.

marinas propició la salinización de suelos y los cambios en el patrón de sedimentación se reflejaron en el descenso de ricas pesquerías litorales, como las del ostión, que se practica en las lagunas costeras que eran las zonas de reproducción natural más importante del Golfo de México.

Una buena parte de la historia moderna de la industria petrolera nacional, a partir de su expropiación a las compañías extranjeras en 1938, se ha escrito en esta región. Hoy el 80% del petróleo y el 67.5% del gas natural de México se producen en la zona marina y continental del sureste. La irrupción de las actividades de exploración, explotación, desarrollo, refinación y petroquímica, en los contextos ecológicos y sociales de la región, alteraron con frecuencia los equilibrios de este interconectado sistema ecológico y cambiaron de un modo radical los modos de vida de sus poblaciones, especialmente las que se concentraron en las ciudades medias y grandes de la región, pero también las de las poblaciones rurales que habitan las regiones sujetas a la exploración, a la explotación y al desarrollo de campos petroleros y de complejos petroquímicos. El papel perturbador del petróleo sobre los equilibrios del sistema hidrológico y los estilos de vida de las comunidades rurales y las poblaciones urbanas, ha tenido dimensiones excepcionales porque es la única actividad humana que se realiza en todas las unidades de este complejo de ecosistemas: desde sus selvas altas, sus planicies de inundación y sus zonas costeras hasta sus plataformas continentales adyacentes.

Una intrincada red de caminos de acceso, de sistemas de transportes (ductos, poliductos, ductos petroquímicos, amoniductos, transportes terrestres y marinos) que conectaron a las zonas de exploración y zonas productoras de Chiapas, Tabasco y Campeche con los centros de refinación y procesamiento de los complejos petroleros establecidos en el litoral y en la planicie (Cactus-La Venta-Coatzacoalcos-Minatitlán) con los puertos petroleros establecidos en los estuarios, lagunas costeras (Coatzacoalcos-Minatitlán y Dos Bocas) y en zonas arrecifales (Cayo Arcas), alteraron directa o indirectamente los complejos y delicados mecanismos de circulación energética de la cuenca.

A lo anterior hubo de agregarse una multitud de efectos secundarios derivados de esta violenta irrupción del capitalismo



industrial en las sociedades rurales y de pescadores de la cuenca. A veces fue suficiente que PEMEX (la corporación estatal responsable de los programas energéticos) abriera una brecha o un camino de terracería en la cuenca alta del Usumacinta o del Grijalva, en sus tareas de exploración, para alterar drásticamente el manto vegetal, permitiendo el arribo de nuevos colonos, compañías madereras, empresarios ganaderos y narcotraficantes, hacia las áreas no perturbadas de las selvas vírgenes.

Pero en muchas ocasiones la ocupación de espacios vitales, como humedales, manglares, estuarios, lagunas costeras y planicies de inundación significaron la desaparición completa del manto vegetal, la total artificialización del entorno o su contaminación por desechos generados en cada fase de la intensa actividad petrolera. La información generada en las dos últimas décadas sobre la contaminación por hidrocarburos en la región revela la gravedad de la situación: los niveles detectados en las aguas superficiales de la Sonda de Campeche, 48 ppb, son los más altos del Golfo de México; los niveles encontrados en sedimentos de las lagunas costeras de Tabasco y Términos, resultaron también altos: 88 y 85 ppm, respectivamente. Por su parte, estudios recientes han revelado contenidos de hidrocarburos aromáticos policíclicos en organismos de importancia alimenticia (peces, moluscos y crustáceos) (Botello et al. 1996). Bajo la presión de las actividades petroleras, las ciudades de la cuenca baja (especialmente Cárdenas, Villahermosa y Ciudad del Carmen) experimentaron crecimientos exponenciales. En menos de una década duplicaron y hasta triplicaron sus poblaciones. Surgió además, un gran número de ciudades medianas (56 en el Alto Grijalva y 49 en el Bajo Grijalva), que crecieron sin planificación y con escasa dotación de servicios básicos, especialmente agua potable y drenaje.

Hoy la infraestructura hidráulica consiste de tres distritos de temporal tecnificados (La Sierra, Zanapa-Tonalá y Margaritas-Comitán: 181,000 ha), dos complejos agroindustriales (Plan

Chontalpa y Plan Balancán-Tenosique: 206,800 ha), 3,505 Unidades de producción rural de riego (URDERALES: 16,380 ha), dos distritos de drenaje (la Sierra y Zanapa-Tonalá: 139,000 ha), tres distritos de riego (Río Blanco, Cuxtepeques y San Gregorio: 28,056 ha), seis presas (La Angostura, Chicoasén, Malpaso, Peñitas, Bombana y Schpoina), siete plantas hidroeléctricas con una potencia de generación de energía eléctrica de 3,928 MW, que representa el 40.5% de la capacidad instalada de generación en plantas hidroeléctrica del país y el 11% de la capacidad instalada total (cuadro 5), 21 plantas potabilizadoras en operación, con un gasto de operación de 4.6 m<sup>3</sup>/s, 19 sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, con un gasto de diseño de 1 m<sup>3</sup>/s y un gasto de operación de 0.8 m<sup>3</sup>/s y 15 sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación, con un gasto operativo de 1 m<sup>3</sup>/s.

Esta infraestructura presenta en la actualidad una gama amplia de problemas críticos: todos los distritos de riego requieren de rehabilitación y modernización de sus estructuras básicas; los equipos existentes se encuentran en mal estado físico por haber rebasado su vida útil; los niveles de azolve de las presas han acortado sensiblemente los periodos de sus vidas útiles porque no existen programas de desazolves y por las dificultades financieras que enfrentan sus programas de mantenimiento.

Del volumen total de aguas superficiales que escurren anualmente en la región del Grijalva-Usumacinta (147 km<sup>3</sup>) se aprovechan para todos los usos el 34% (49.81 km<sup>3</sup>), de los cuales el 98.67% se utiliza para la generación de energía eléctrica (uso considerado como no consuntivo) y solamente el 1.33% se destina a usos consuntivos (agrícolas, público-urbanos, industriales y otros usos). Dentro de estos últimos, el de mayor demanda es el agrícola, seguido por el público-urbano. En general, la región tiene una demanda igual para usos consuntivos tanto de aguas subterráneas (0.67 km<sup>3</sup>/año), como de aguas superficiales (0.67

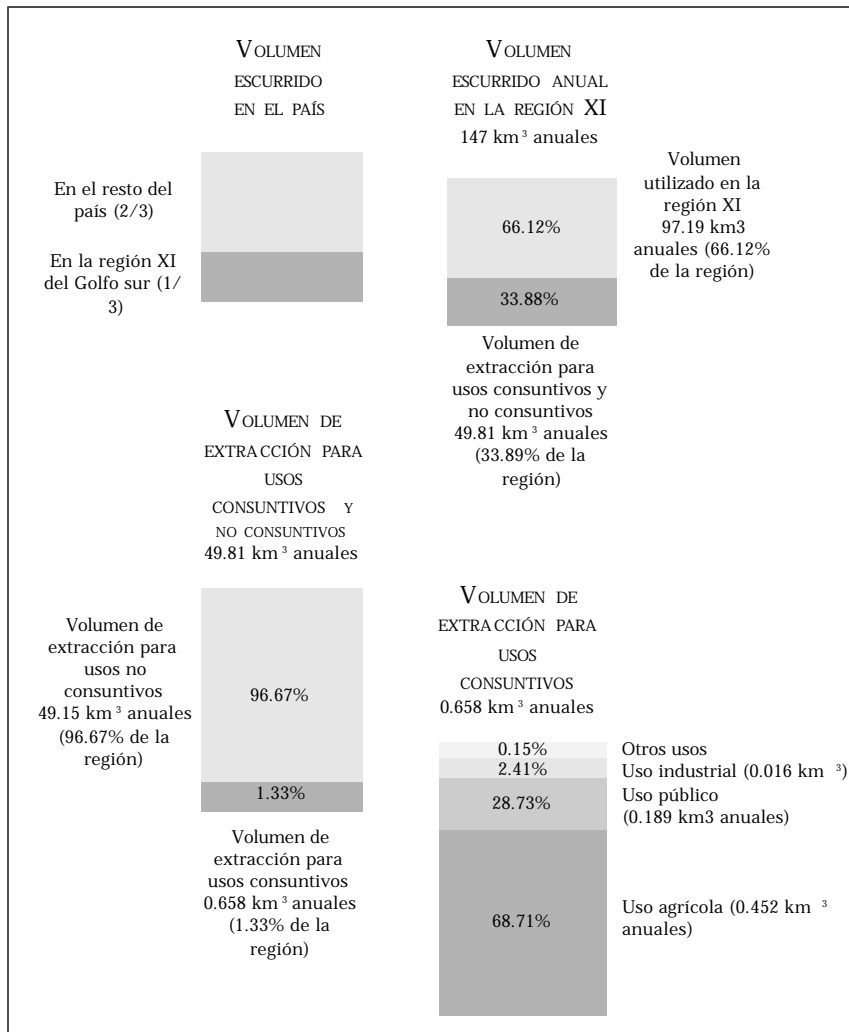
CUADRO 4. CUENCA DEL GRIJALVA-ÚSUMACINTA: INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA

No.	NOMBRE	ENTIDAD	SUBREGIÓN	HECTÁREAS
Distritos de riego				
59	Rio Blanco	Chiapas	Alto Grijalva	8,562
101	Cuxtepeques	Chiapas	Alto Grijalva	8,267
107	San Gregorio	Chiapas	Alto Grijalva	11,227
Total	28,056			
No.	NOMBRE		SUBREGIÓN	HECTÁREAS
Distritos de temporal tecnificado				
1	La Sierra		Bajo Grijalva Planicie	32,107
2	Zanapa – Tonalá		Tonalá – Coatzacoalcos	106,900
3	Margaritas – Comitán		Alto Grijalva	41,997
Total				181,004

Fuente: CNA 2002.

km<sup>3</sup>). En conjunto se tiene una extracción de 1.33 km<sup>3</sup> de agua para usos consuntivos, lo que no llega siquiera al 1% de las disponibilidades totales (figura 2).

FIGURA 5. CUENCA GRIJALVA-USUMACINTA: USOS DEL AGUA AZUL



Fuente: CNA 2002.

## LOS PROBLEMAS DE LA CALIDAD

Sin duda, los problemas en torno a la calidad presentan un amplio número de restricciones al uso del agua en la región. En principio, porque no obstante su abundancia, el agua tiene algunas limitaciones para sus usos directos en las diversas actividades humanas. Las aguas superficiales presentan altos contenidos de sólidos disueltos y las aguas subterráneas son de las consideradas duras, esto es, con niveles elevados de sulfato y carbonato. A estas limitantes iniciales hay que agregarle las que representan las descargas de contaminantes domésticos e industriales sin tratamientos previos. Según los cálculos de la Comisión Nacional del Agua (CNA), se vierten en la región 185,921 kg/día de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y 270,678 kg/día de sólidos suspendidos total (SST), con un estimado de 5,600 L/seg, procedentes de aguas negras municipales. En cuanto a las descargas industriales se tienen identificadas 20 actividades industriales, cuyas descargas contaminantes se estiman en 121,549 kg/día de DBO; 207, 403 kg/día de demanda química de oxígeno (DQO) y 91,549 kg/día de SST.

Según los índices de calidad del agua (ICA), elaborados por la CNA, los principales cuerpos de agua de la región presentan valores entre 55 y 70, que les otorga una calificación general entre contaminados y muy contaminados, apenas aceptables para la navegación y el transporte de desechos tratados. Pero hay casos como el del río Sabinal, que presenta el ICA más bajo (34) y cuyas aguas son inaceptables para el abastecimiento público, aceptables sólo para organismos muy resistentes y con previo tratamiento mayor para la industria. Lo mismo pasa con los ríos San Pedro y San Pablo, cuyo ICA promedio es de 52, lo que le da la categoría de contaminado y muy contaminado. Y algunos tramos del río Grijalva, presentaron un ICA promedio de 49, afectados por las

descargas de aguas negras no tratadas de poblaciones importantes como Tuxtla Gutiérrez y Villahermosa y de plantas industriales como las del procesamiento de moscas para la erradicación del gusano barrenador del ganado. Los mayores problemas de deterioro de la calidad del agua se observan entre las presas de La Angostura y Chicoasén, afectada por algunas de las descargas mencionadas.

Los ingenios azucareros, las industrias alimenticias y la industria petrolera aportan una cantidad considerable de contaminantes al sistema hidrológico regional. El problema es que un alto número de descargas no son registradas y aforadas, por lo que los datos sobre los volúmenes y la calidad de las mismas son inconsistentes y erráticos. Pero, en general, la infraestructura de tratamiento y vertido de aguas residuales en la región es insuficiente e ineficiente. El hecho es que ninguna planta de tratamiento tanto municipal como industrial cumple en la actualidad con las normas de descarga (CNA 2000).

Algunos datos revelan la magnitud y la gravedad de esta situación. En el caso de PEMEX, la industria consumidora de los mayores volúmenes de aguas superficiales y subterráneas y la aportadora de las mayores descargas de aguas residuales a los sistemas acuáticos de la región, ha visto incrementar exponencialmente sus volúmenes derramados al ambiente por fugas. Los datos de CNA, disponibles sólo para tres años (1993-1995) para la subregión del Usumacinta, son reveladoras de los daños a los ecosistemas (cuadro 6).

En ese mismo periodo, entre 1990 y 1994, se presentaron ante PEMEX 315,080 reclamaciones por derrames, pérdidas de artes de pesca, cultivos y corrosión de alambradas; se cerraron y bloquearon 1,706 instalaciones petroleras por protestas multitudinarias de las comunidades y las pérdidas por concepto de indemnizaciones ascendieron a 1,228 millones de pesos.

CUADRO 65. PEMEX: DERRAMES POR FUGAS Y ÁREAS AFECTADAS  
EN LA SUBREGIÓN DEL USUMACINTA

FUGAS	AÑO	VOLUMEN DERRAMADO (Bls)	ÁREA AFECTADA	PASTIZAL (m <sup>2</sup> )	PANTANOS (m <sup>2</sup> )	CUERPOS DE AGUA (m <sup>2</sup> )
63	1993	3,057.86	12,142	87,304	22,325	14,500
99	1994	2,909.79	86,964	56,038	30,726	200
132	1995	6,115.52	343,833	173,313	140,211	30,309

Fuente: CNA 2002.

#### AGUA Y SOCIEDAD

Con todas sus riquezas naturales, la población de la región del Grijalva-Usumacinta es la más pobre y marginada de México. La región cuenta en la actualidad con 4.9 millones de habitantes y con una densidad de 54 hab./km<sup>2</sup>, superior a la media nacional, que es de 50 hab./km<sup>2</sup>. Se trata de una población mayoritaria rural (58%) que se encuentra dispersa en 15,153 comunidades rurales (menores de 2,500 hab.); el 26% vive en 147 localidades urbanas medias (entre 2,500 y 49,999 hab.) y el 16% restante se concentra en cuatro grandes ciudades (San Cristóbal de Las Casas y Tuxtla Gutiérrez en Chiapas; Villahermosa y Cárdenas en Tabasco). Entre 1970 y 1995 esta población se duplicó y para el año 2020 se espera que se duplique otra vez, merced a la combinación de factores demográficos —altas tasas de natalidad (43 por mil, la más alta del país y descenso de las tasas de mortalidad: 4 por cada mil hab.)— que se reflejaron en tasas de creci-

miento superiores a las de la población nacional. En los últimos 25 años esta tasa de crecimiento ha sido de 3.52%, la más alta a nivel nacional para un periodo similar.

La mayoría de esta población no cuenta con los satisfactorios mínimos que les permita una existencia sana y digna. Según las cifras del INEGI de 1995 y del XII Censo General de Población y Vivienda, 2000 el 26% de las viviendas de la región carece de agua potable y el 35% no cuenta con drenaje (cuadros 7 y 8).

Pero si estos porcentajes se desglosan en áreas urbanas y rurales las cifras reflejan de un modo más objetivo la realidad regional. En las áreas rurales el 60% de la población carece de agua potable y la escasa cobertura de drenaje todavía es más dramática. En las zonas rurales el 95% de las viviendas carecen de este servicio. El 40% de las viviendas en las ciudades medias no se encuentra conectada a la red de drenaje, aún en las grandes ciudades el 30% de las viviendas no cuenta con este servicio. Si el análisis se lleva a las subregiones, el panorama es aún más alarmante. Regionalmente, en la zona de Lacantún-Chixoy la cobertura de agua potable sólo llegaba al 34% de viviendas y en la del Bajo Grijalva-Sierra a 50%. En cuanto al drenaje las coberturas son de 14% para Lacantún-Chixoy y 23% para Grijalva-Sierra. Ambas regiones concentran la mayor población indígena de la cuenca.

En términos educativos, el 21% de la población es analfabeta (casi el doble de la media nacional de 13%). Y se tiene el grado de escolaridad más bajo del país (3° a 4° grado de educación primaria). Observadas a nivel de regiones y municipios, estas cifras reflejan una realidad más lacerante. Las regiones del Bajo Grijalva-Sierra y Lacantún-Chixoy tienen los más altos índices de analfabetismo, 40% y 49% respectivamente. Son igualmente las regiones de mayor población indígena y las de más alta marginalidad. El municipio de Mitontic tiene una población analfabeta de 72%, Chamula, 69%, San Juan Cancuc, 67% y en y Sitala 62%. En promedio, cada 10



CUADRO 7. CUENCA DEL GRIJALVA-USUMACINTA: COBERTURA DE AGUA POTABLE 2000

SUBREGIÓN	CHIAPAS		TABASCO		CAMPECHE		TOTAL	
	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
Bajo Grijalva								
Planicie	90%	33%	61%	89%	56%	75%	89%	54%
Medio								
Grijalva	85%	76%	82%				85%	76%
Bajo Grijalva								
Sierra	90%	73%	75%				90%	73%
Usumacinta	83%	91%	89%	88%	71%	79%	87%	79%
Alto Grijalva	89%	78%	81%				89%	78%
Lacantún-								
Chixoy	90%	54%	61%				90%	54%
Tonala-								
Coatzacoalcos				87%	40%	61%	87%	40%
Total	84%	68%	75%	88%	52%	71%	94%	63%
				94%	48%	64%	85%	74%

Fuente: CNA 2002.

CUADRO 8. CUENCA GRIJALVA-USUMACINTA: COBERTURA DE DRENAJE

REGIÓN	POBLACIONES URBANAS				POBLACIONES RURALES			TOTAL
	> = 50 MIL 49,999	10,000- 9,999	2,500- 9,999	SUBTOTAL	100- 2,499	< 100	SUBTOTAL	
Tonalá - Coatzacoalcos	93%	98%	82%	90%	65%	40%	65%	77%
Alto Grijalva	89%	87%	66%	76%	26%	12%	24%	42%
Medio Grijalva	93%	85%	71%	85%	38%	23%	36%	70%
Bajo Grijalva Sierra		92%	60%	64%	20%	13%	16%	23%
Bajo Grijalva Planicie	99%	98%	92%	97%	71%	44%	67%	84%
Lacantún - Chixoy		14%	15%	14%	14%	14%	14%	14%
Usamacinta		96%	92%	92%	50%	41%	48%	67%
Total	95%	92%	74%	87%	44%	25%	42%	65%

Fuente: CNA 2002.

niños chiapanecos que ingresan a la primaria sólo terminan 2.8. En Tabasco esta cifra es de cuatro. Ambos datos resultan considerablemente inferiores al promedio nacional (cuadro 8).

CUADRO 8. CUENCA GRIJALVA-USUMACINTA: POBLACIÓN INDÍGENA, ANALFABETISMO Y MARGINALIDAD

Subregión	Habia al menos una lengua indígena*	Población analfabeta**	Grado de marginalidad
Tonalá – Coatzacoalcos	0.4%	13%	Bajo
Alto Grijalva	4.0%	23%	Alto
Medio Grijalva	16.9%	23%	Alto
Bajo Grijalva Sierra	78.9%	46%	Muy alto
Bajo Grijalva Planicie	5.8%	11%	Medio
Lacantún – Chixoy	75.6%	48%	Muy alto
Usumacinta	12.4%	19%	Muy Alto
Región	17.8%	21%	Alto

\* Tomando como base a la población de 5 años o más.

\*\* Población de 15 años o más.

Fuente: CNA 2002.

En estas condiciones, el panorama social de la región se caracteriza por sus abismales desigualdades (mapa 5). Excepto la planicie costera de Tabasco y la depresión central de Chiapas, donde se ubican las más grandes concentraciones urbanas, el panorama social que nos ofrece la cuenca es de pobreza y marginación.

Sólo en las grandes ciudades, donde se concentra el 15% de la población, sus estratos privilegiados, poseen condiciones visiblemente ostentosas de vida. Mientras que un número elevado de municipios de la cuenca presentan situaciones de alta y muy alta marginalidad social. En el Alto Grijalva, 37 de sus 47 municipios presentan grados altos y muy altos de marginalidad. En el Bajo Grijalva, 30 de sus 40 municipios se encuentran en una situación similar. Lo mismo puede decirse de la subregión del Usumacinta donde 12 de sus 17 municipios padecen esta situación de miseria y atraso. Esto hace de la cuenca del Grijalva-Usumacinta la región de más alta marginalidad social de la República.

Los costos de la modernización de la sociedad mexicana han sido cargados sistemáticamente a las poblaciones rurales y en especial a los pueblos indígenas de la región. Sin embargo, la degradación de los ecosistemas de la cuenca y la destrucción de sus acervos culturales son los resultados de decisiones que les han sido por completo ajenas. Ellos no han promovido la tala de sus bosques ni se han beneficiado de las ganancias millonarias del tráfico de la madera. No han gozado de las fortunas que trajo el establecimiento de la ganadería. No han represado sus ríos con gigantescos proyectos hidroeléctricos, cuyos beneficios jamás han disfrutado en forma de bienes y servicios que la modernidad trae consigo. No han alterado sus fértiles planicies de inundación para establecer cultivos comerciales de exportación, cuyas utilidades nunca los han beneficiado. No han destruido sus lagunas costeras y estuarios para establecer puertos industriales exportadores de hidrocarburos ni contaminado sus ecosistemas acuáticos con toda clase de sustancias tóxicas. Nada han tenido que ver con los megaproyectos que han destruido sus recursos. Estas estrategias les han sido impuestas bajo toda clase de decisiones autoritarias, en nombre de la civilización, el progreso, la industrialización, la modernización y ahora el desarrollo sustentable.



# LA CUENCA DEL RÍO BALSAS

---

## EL ESCENARIO

LA CUENCA O DEPRESIÓN del río Balsas se encuentra en una zona de convergencia entre las placas de Cocos y Americana, en una Costa de colisión continental, de acuerdo con la clasificación de Inman y Nordstrom (1971). Como tal, está enmarcada por dos rasgos estructurales de primer orden: una trinchera oceánica (La Trinchera mesoamericana: fosas de Petacalco y Acapulco ) y dos sistema de cadena montañosas continentales (La Faja volcánica trasmexicana y La Sierra Madre del Sur). Cadenas montañosas y Trinchera, hacen de esta porción del centro-sur de México un fenómeno tectónicamente activo y altamente dinámico (Lugo 1985 y 1986). La Depresión tiene unos 800 km de largo por 150-200 kilómetros de ancho en promedio. Se origina en un gran geosinclinal, probable prolongación de la Gran Depresión del Golfo de California, que formó, tal vez en el Cretácico inferior, el canal del Balsas, cuya cuenca se extiende en la parte central, a una altura promedio de 1,000 msnm y cubre una extensión total de 117,405.6 km<sup>2</sup> (mapa 6, Tamayo 1949).

Como una costa de colisión continental, la del Pacífico central y sur de México, se caracteriza por presentar una plataforma continental muy estrecha, con amplitudes promedio de 10 km y una máxima de 30 km (a la altura de Punta Maldonado) y con pen-

dientes que oscilan entre  $0^{\circ} 15'$  y  $0^{\circ} 30'$ , pero que hacia el sureste, a la altura de la bahía de Petacalco, alcanza su estrechez mínima con escasos 900 m de amplitud y una pendiente de  $1^{\circ} 25'$ . Un rasgo sobresaliente de esta plataforma son los cañones submarinos que se presentan en la desembocadura del río Balsas y que, como son los casos de los cañones de La Necesidad y Petacalco, intersectan totalmente el talud y arrastran sedimentos hasta las profundidades de la Trinchera mesoamericana.

Los sistemas montañosos continentales del sur de México tienen altitudes de basamento que con frecuencia exceden los 3,500 msnm a distancias relativamente cortas del litoral. Estas cadenas montañosas se encuentran disectadas por profundos cañones fluviales que desempeñan un papel de enorme importancia en los intensos procesos erosivos a los que se encuentran sometidas y en la configuración de los lomeríos, las penillanuras, las planicies acumulativas y los ambientes sedimentarios deltaicos y litorales.

Completa este escenario ambiental su zona marina. La región de la cuenca del río Balsas se encuentra bajo el influjo de la Corriente marina norecuatorial que aleja del Pacífico central las masas de agua acarreadas hasta la costa del sur de México por la Contracorriente ecuatorial, ubicándose cerca de los límites del giro anticiclónico del Pacífico norte. El principal evento físico-químico natural del área está controlado por la emersión estacional (abril-mayo) de agua profunda de la fosa de Petacalco, que trae consigo elementos químicos nutrientes para el fitoplancton (nitrógeno y fósforo) y originando una amplia y total fertilización de las aguas de la región. La mayor alteración térmica anual esta dominada por la emersión primaveral de aguas frías y profundas de la Fosa de Petacalco. Esta emersión de agua profunda trae consigo un incremento notable de iones de nitrato, fosfato y silicato (CIBNOR 1995).

La influencia de estos procesos marinos hacen que esta región, situada en la franja intertropical del planeta y en una zona

de traslape de ricas provincias bióticas (la Californiana y la Panámica), sea considerada entre las veinte áreas de mayor productividad biológica del mundo y, por su riqueza y diversidad de especies, la segunda en cuanto a las especies de peces a nivel mundial, después de la región Indo-Pacífico. Por estas circunstancias, la zona marina de la región del río Balsas es considerada por las autoridades ambientales mexicanas como una región marina prioritaria (CONABIO 2000 citado en CNA 2002). En ella se han identificado 250 especies marinas y 105 especies en sus sistemas litorales.

#### LOCALIZACIÓN

La cuenca de drenaje del río Balsas comprende el 6% de la masa continental del territorio mexicano y abarca porciones de varias regiones económicas del Pacífico centro-occidente y centro-sur de la República, entre los paralelos 17°00' y 20°00' de latitud Norte y los meridianos 97°30' y 103°15' de longitud Oeste de Greenwich, a través de ocho estados de la República: Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Morelos, Guerrero, Michoacán y Jalisco. Incluye en su totalidad al estado de Morelos (100%) y parcialmente a los estados de Tlaxcala (75%), Puebla (55%), México (36%), Oaxaca (9%), Guerrero (63%), Michoacán (62%) y Jalisco (4%), lo que representa una superficie administrativa de 123,500 km<sup>2</sup>. Su superficie hidrológica total es de 117,406 km<sup>2</sup>, distribuida en tres subregiones: Alto Balsas 50,409 km<sup>2</sup>, Medio Balsas 31,951 km<sup>2</sup> y Bajo Balsas 35,046 km<sup>2</sup>. Administrativamente se encuentra constituida por 421 municipios, de los cuales 332 se localizan en el Alto Balsas, 51 en el Medio Balsas y 38 en el Bajo Balsas. La población total estimada en 1995 fue de 9.2 millones de habitantes, 65.7% era urbana y 34.3% rural. En la subregión Alto Balsas, que representa el 35% de la superficie de la cuenca, se concentra el 68% de la población (mapa 7, cuadro 10).



CUADRO 10. LA CUENCA DEL RÍO BALSAS: ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y POBLACIONAL

SUBREGIÓN	SUPERFICIE (KM <sup>2</sup> )	NÚMERO DE MUNICIPIOS	POBLACIÓN (HAB.)	
			1995	2020*
Alto Balsas	48,600			
	332	6,258,134	8'836,144	
Medio Balsas	36,900	51	1,675,100	2'160,442
Tepalcatepec	38,000	38	1,314,621	1'508,102
Total	123,500	421	9,247,855	12'504,688

#### FISIOGRAFÍA

La depresión del río Balsas se encuentra delimitada por dos provincias fisiográficas o morfotectónicas: la Faja volcánica transmexicana al norte y La Sierra Madre del Sur al sur; y una subprovincia geológica: la Sierra Norte de Oaxaca al oriente. Un 67.8% de la superficie de la depresión se encuentra dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur y el 32.2% restante se encuentra en el territorio cubierto por la Faja volcánica transmexicana (CNA 2000, cuadro 2).

La génesis y evolución de estas morfoestructuras dieron lugar a la amplia variedad de características fisiográficas, geológicas, topográficas y climáticas que hoy integran la cuenca del río Balsas.

Las formaciones de la Faja volcánica transmexicana, integradas predominantemente por calizas, esquistos y areniscas del Cretácico inferior, estuvieron sujetas a levantamientos por plegamientos y a grandes fracturas por donde se colaron materiales ígneos, que a fines del Mesozoico y principios del Cenozoico, cubrieron una ancha faja modificando profundamente el relieve.

CUADRO 11. PROVINCIAS FISIGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO BALSAS

PROVINCIA	ALTO	MEDIO	BAJO	TOTAL
SUPERFICIE EN km <sup>2</sup>				
Faja volcánica				
transmexicana	24,405	3,687	9,698	37,790
Sierra Madre del Sur	21,808	31,398	26,409	79,615
Total	46,213	35,085	36,107	117,405

Fuentes: CNA 2000.

Esta inmensa estructura fisiográfica presenta una gran continuidad orográfica, puertos muy elevados y parteaguas ininterrumpidos, lo que terminó por convertirla en un límite climático y biogeográfico para la flora y la fauna de México.

La provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, formada por rocas sedimentarias paleozoicas, pizarras cristalinas, intrusiones de granito y rocas ígneas del Cenozoico, como las andesitas, basaltos y riolitas de Oaxaca, y los pórfidos, basaltos, granitos, monzonitas, granodiritas, monzodiritas, dioritas y gravas de Michoacán. A principios del Cenozoico esta estructura fisiográfica sufrió levantamientos: la intensa actividad volcánica cenozoica cerró cauces, detuvo cursos de aguas y terminó por formar un auténtico mar interior en la depresión. Durante este periodo, el gigantesco vaso lacustre se vio afectado por nuevos movimientos orogénicos que dieron lugar a fracturamientos o líneas de debilidad sobre la Sierra Madre del Sur, que permitieron al agua abrirse paso hacia el mar a través de cascadas monumentales, cañones estrechos y escalonados, como los

de El Infiernillo, y formar el delta (Paucic 1980, Tamayo 1949 y 1958).

Este marco estructural creó, con el transcurrir del tiempo geológico, una auténtica multitud de islas y penínsulas ecológicas, en sus numerosas cumbres, laderas, cañadas, valles aislados, que hicieron de la cuenca del río Balsas un notable centro secundario de radiación evolutiva de varios linajes neotropicales de la flora mesoamericana.

#### EL CICLO DEL AGUA

Más que cualquier otro factor es el clima el que determina las variaciones y la intensidad de los procesos físicos, químicos y biológicos que controlan al ecosistema fluvial. El propio régimen de descarga del río Balsas depende fundamentalmente de los procesos climáticos que se llevan a cabo en la cuenca de drenaje. Los flujos en el valle aluvial dependen enteramente de la precipitación y el volumen de agua disponible, esto es, de las diferencias entre la precipitación y la evapotranspiración.

El régimen de flujos tiene su origen principalmente en las características y el volumen de la precipitación sobre la cuenca fluvial. La proporción de la lluvia que llega a los canales del sistema fluvial depende, a su vez, del tipo de terrenos y de la cubierta vegetal de la propia cuenca.

De acuerdo con datos de la CNA, el volumen de precipitación anual en la cuenca del río Balsas alcanza los 108,370 Mm<sup>3</sup>, con una lluvia media anual de 923 mm, que oscila entre 873 mm en el Bajo Balsas y 1,019 mm en el Balsas Medio. La mayor precipitación en la Sierra Madre del Sur, en Oaxaca y Guerrero, con 2,000 mm, y la menor en el valle de Apatzingán, en la Tierra Caliente michoacana, con 600 mm. La evaporación media anual alcanza los 1,750 mm. Las lluvias se con-

centran en el periodo comprendido entre junio y septiembre (cuadro 12, mapa 8).

El clima predominante de la región es de tipo semicálido y subhúmedo con temperatura media anual de 22°C. El cuadro 13 y el mapa 9 presentan un resumen de los principales tipos climáticos pravalescientes en la cuenca.

### LAS AGUAS AZULES DEL RÍO BALSAS

El río Balsas es la cuenca hidrológica más importante de la vertiente del Pacífico mexicano. Su disponibilidad total anual de aguas superficiales se estima en 24,484 Mm<sup>3</sup> de escurrimientos vírgenes y retornos. Constituidos por 6,851 Mm<sup>3</sup> escurridos del Alto Balsas, 7,463 Mm<sup>3</sup> del Medio Balsas y 9,959 Mm<sup>3</sup> del Bajo Balsas, más un volumen de retornos estimado en 211 Mm<sup>3</sup>.

La cuenca del río Balsas se divide en tres subregiones hidrológicas principales: cuenca de los ríos Atoyac y Mixteco o del Alto Balsas, que se subdivide en siete subcuencas: las Cerradas orientales, Alto Atoyac, Bajo Atoyac, Nexapa, Amacuzac, Tlapaneco y Mixteco, cuenca del río Cutzamala y del Medio Balsas y cuenca del Bajo Balsas, que se subdivide, a su vez, en cinco subcuencas: Tepalcatepec, Cerrada Paracho-Nahuatzen, Cupatitzio, Tacámbaro y Bajo Balsas. En estas subregiones, se distinguen diez corrientes principales que aportan el mayor volumen de sus escurrimientos totales (mapa 10).

La subregión del Alto Balsas, cubre una área de cuenca de 50,408.7 km<sup>2</sup>. Abarca parte de los estados de Tlaxcala, Puebla, Morelos, Oaxaca y Guerrero. El río Atoyac está formado por varios escurrimientos que provienen de la vertiente sur de la Faja volcánica transmexicana y que descienden del volcán Iztaccíhuatl, desde altitudes de 4,000 msnm, entre los estados centrales de México y Puebla. Recibe por su margen izquierda las aguas del

CUADRO 12. LA CUENCA DEL RÍO BALSAS: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

SUBREGIÓN	Área (km <sup>2</sup> )	Volumen de precipitación (mm <sup>3</sup> )	Precipitación media anual (mm)	Precipitación anual (mm)	Precipitación máxima anual (mm)	Temperatura media (°C)	Evaporación anual (mm)	Evaporación en almacamientos (mm <sup>3</sup> /año)
Alto Balsas	50,409	45,217	897	499	1,647	18 a 20	1,716	406
Medio Balsas	31,951	32,558	1,019	479	1,619	20 a 22	1,646	669
Bajo Balsas	35,046	30,595	873	450	1,390	24 a 26	1,922	5,879
Total	117,406	108,370	927					

Fuente: CNA 2000.

CUADRO 13. LOS CLIMAS PREDOMINANTES EN LA CUENCA DEL RÍO BALSAS

Clima	BAJO BALSAS SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO	MEDIO BALSAS CÁLIDO SUBHÚMEDO	ALTO BALSAS TEMPLADO SUBHÚMEDO
Temperatura media anual	Entre 12 y 18° C	> 22° C	> 18° C
Lluvias dominantes	En verano	En verano	En verano (Verano cálido)
Porcentaje de lluvia invernal	< 5% Extremoso	< 5% Extremoso	< 5%
Oscilación anual en la temperatura media mensual	Entre 7 y 14° C	Entre 7 y 14° C	Entre 5 y 7° C
Clima tipo	(A) c (wo) (w) a (e)g	Awo (w) (e)g	Ganges Cw2 (w)big

Fuente: CNA 2000.

río Mixteco y la confluencia de ambos crean el río Balsas. A partir de esta unión, el río Balsas recibe a lo largo de su recorrido los nombres de Poblano, Grande, Mezcala y Balsas.

El río Mixteco tiene sus orígenes en la vertiente occidental de la Sierra de Oaxaca, en la Mixteca, 25 km al sursuroeste del poblado de Santa María La Asunción Tlaxiaco, Oaxaca, donde se forma con las aportaciones de los ríos Tlaxiaco y Mixtepec y más adelante con las del río Salado, considerado en esta parte como el colector general. Aguas abajo de la confluencia del Atoyac y el Mixteco, el Balsas recibe por su margen derecha las aguas del río Nexapa. Este es otro de los formadores primarios del río Balsas,

que nace de los escurrimientos que descienden del volcán Popocatepetl a una altitud de 5,400 msnm. Nueve kilómetros antes de su confluencia con el río Balsas, sobre su margen izquierda, recibe las aguas del río Tlapaneco, uno de los de mayor caudal del Alto Balsas.

El río Tlapaneco se origina en la unión de dos corrientes: el Coicoyán o Salado que desciende de elevaciones de 1,750 msnm de la Sierra de Coicoyán en el estado de Oaxaca y el río Atencochayota, que desciende de elevaciones de 1,600 msnm de la Sierra de Malinaltepec en el estado de Guerrero.

El Medio Balsas se inicia a una altura de 500 msnm. Aguas abajo de la confluencia del río Amacuzac. Cubre una área de cuenca de 31,951 km<sup>2</sup>. En este tramo de su recorrido, el Balsas recibe las descargas del río Tepecoacuilco por su margen derecha. Entre cañones, sigue su curso durante unos 20 km hasta que, por su lado derecho, confluyen las aguas del río Cocula o Iguala. Después de recorrer unos 60 km, recibe por la izquierda las aguas del río Huautla o Tetela. Y 60 km aguas abajo, por su margen derecha lo alimenta el río Poliuta. Varios ríos de pequeñas dimensiones incrementan su flujo por la margen izquierda: Ajuchitlán, Amuco y Cuirio, que descienden por los flancos de la Sierra Madre del Sur desde elevaciones de 3,000 a 3,500 msnm.

Unos kilómetros aguas abajo recibe por su derecha las corrientes del río Cutzamala. Este es uno de los más importantes aportadores del río Balsas en este tramo de su cuenca. A lo largo de sus 260 km de recorrido recibe varios nombres: Taximaroa, Turundeo, Río Grande, Tuxpan, Zitácuaro y, finalmente, Cutzamala. En su confluencia con el río Balsas, cerca de Ciudad Altamirano, en el estado de Guerrero, el río ya ha descendido hasta los 250 msnm. Hasta la estación hidrométrica La Caimanera, cubre una área de cuenca de 31,950.7 km<sup>2</sup> y recibe volúmenes medios anuales de 8,497 Mm<sup>3</sup>.

El Bajo Balsas comprende el último tramo hasta la desembocadura en el océano Pacífico y cubre los últimos 35,046 km<sup>2</sup> del área de cuenca del río Balsas. Después de un recorrido de unos 40 km, y a alturas de entre 250 y 200 msnm, el Balsas recibe por sus margen izquierda las aguas del río del Oro, y por su margen derecha las de los ríos San Lucas, Huetamo y Tacámbaro.

La corriente principal formadora del río Tacámbaro se origina en las estribaciones del Eje volcánico trasnortamericano, a partir de las corrientes perennes que descienden desde alturas de 3,000 msnm, de los cerros Turicato, Taretio y El Perdido, que se sitúan a unos 40 km al suroeste de Morelia, Michoacán.

Unos kilómetros más adelante de la confluencia del río Tacámbaro, el Balsas se encañona y toma una dirección sur-norte, para luego dar un viraje hacia el oeste, lo que creó las condiciones favorables para la construcción de la presa El Infiernillo. En este punto, a 176 msnm, que corresponde al nivel máximo de embalse del vaso de almacenamiento de la gigantesca presa, la obra hidráulica inunda una área de 400 km<sup>2</sup>, almacena unos 12,000 millones de m<sup>3</sup> de las aguas y retiene unos cinco millones de m<sup>3</sup> de sedimentos del Balsas.

En el vaso de la presa descargan hoy varios antiguos ríos, riachuelos y arroyos como El Salitre, La Palma, La Virgen, el río San Antonio, el Pinzadarán y, especialmente, el importante río Tepalcatepec.

Este último se origina en el cerro de la Tinaja y tiene como principal formador al río Quitupan que nace a 2,000 msnm a 9.5 km al sur-suroeste del poblado de Cojumatlán de Regules, Mich. Una vez en terreno del estado de Michoacán, el río Tepalcatepec penetra en una zona en donde efectúa una serie de inflexiones y cambia de rumbo hacia el sureste. Aguas abajo recibe por la margen derecha al río Chila y por la izquierda al río Cancita. Más abajo recibe por su margen izquierda las aportaciones del río Cupatitzio-El Marqués. Finalmente toma un rumbo hacia el sur



y confluye al río Balsas por la margen derecha de éste, efectuándose dicha confluencia dentro del vaso de la presa El Infiernillo.

El río Cupatitzio es la principal corriente formadora del río El Marqués y sus orígenes se efectúan al nor-noroeste de la ciudad de Uruapan, Michoacán, por la cual cruza más adelante, en el cerro del Pario, a una altitud de 2,750 msnm.

Unos 28 km aguas abajo de la cortina de la presa El Infiernillo, el río Balsas recibe por su margen derecha al río de Las Juntas y 17 km después, se localiza el sitio donde se construyó la presa derivadora José Ma. Morelos o La Villita. Dos kilómetros aguas abajo de la cortina, el río Balsas se bifurca dando lugar a la zona del delta.

La región del río Balsas cuenta con 40 acuíferos identificados: 16 en el Alto Balsas; 9 en el Balsas Medio y 15 en el Bajo Balsas, que cubren una área total de 53 219 km<sup>2</sup> y permiten la recarga de 3,435.21 Mm<sup>3</sup>.

#### EL AGUA VERDE: LAS ZONAS DE ALMACENAMIENTO Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

La vegetación de la cuenca montañosa del río Balsas constituye una de las más ricas reservas de bosques y selvas tropicales subhúmedas de México. Su función en el mantenimiento de los servicios ecológicos de los ecosistemas de la cuenca es irremplazable. Este tesoro biótico es el producto de interacciones entre factores biofísicos, hidrológicos, biológicos y antropogénicos. Su alta diversidad, su riqueza de especies, su enorme biomasa y su complejidad estructural se encuentran estrechamente ligadas a la heterogeneidad de las condiciones que ofrecen los frágiles suelos y los microclimas de la cuenca.

Hoy se opera una profunda transformación en el manto vegetal de la cuenca. Bosques y selvas han sufrido procesos acelera-

dos de destrucción por actividades humanas ligadas a los aprovechamientos forestales irracionales, los incendios inducidos, los cambios de uso en favor de actividades agrícolas y ganaderas de baja productividad e, incluso, la siembra de estupefacientes. De acuerdo con cifras de SEMARNAT-INEGI, en sólo 15 años (entre 1980 y 1996) las selvas en buen estado de conservación vieron reducidas su extensión de 960,340 ha a sólo 291,000 ha. Y los bosques con vegetación secundaria, esto es, perturbados, aumentaron de 932,558 a 1,610,408 ha, lo que da una idea del ritmo de destrucción de estas masas forestales.

#### LOS BOSQUES Y LAS SELVAS

Enmarcada entre las provincias florísticas de las Serranías meridionales según Rzedowski, la depresión del río Balsas, especialmente sus flancos de la Faja volcánica transmexicana, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Norte de Oaxaca, se consideran florísticamente como una de las regiones biológicamente más ricas del mundo. Estas provincias han jugado un papel fundamental en la historia evolutiva de diversos linajes vegetales asentados en el territorio mexicano desde épocas tan remotas como los principios del periodo Cretácico, a finales de la era Mesozoica, hace 70 u 80 millones de años (Challenger 1998).

#### LOS BOSQUES DE PINO Y ENCINO

Las Serranías meridionales que bordean la depresión del río Balsas forman parte del centro primario mundial de diversidad de los pinos (*Pinus* spp.) y del centro primario de diversidad del Hemisferio occidental de los encinos (*Quercus* spp.). La Faja volcánica transmexicana y la Sierra Madre del Sur han jugado un

papel fundamental en la historia evolutiva de ambos géneros. La enorme variedad de microhábitat de estas cadenas montañosas ha permitido la radiación adaptativa de numerosas especies (Challenger 1998).

La diversidad de pinos y encinos de esta zona ecológica alcanza en efecto niveles sorprendentes. De las 450 especies de encinos que se estima existen en el mundo, en esta zona crecen, por lo menos, de 135 a 173, esto es, del 30% al 38% (Nixon 1998). De las 173 especies de encinos identificadas en México, 115 son endémicas. La diversidad de los pinos mexicanos llega a 49 especies, la mayoría de ellas endémicas, lo que representa aproximadamente 50% de la diversidad mundial de este género. Por ello, México ha sido reconocido como uno de los mayores centros mundiales de diversidad de estos generos, característicos de los bosques templados de la cuenca del río Balsas (Styles 1998, Challenger 1998).

El endemismo de los bosques de pino y encino es también excepcional: las especies endémicas equivalen al 70% de la flora de esta zona ecológica (Rzedowski 1986).

Los bosques de pino y encino albergan más del 10% de las especies de la familia Asteraceae conocidas en el mundo, de las cuales más del 60% son endémicas. La región más importante de diversidad de estas especies es el centro-sur de México, especialmente la Sierra Madre del Sur (con unas 356 especies endémicas) y la Faja volcánica transmexicana (con unas 377 especies endémicas) (Turner y Nesom 1998). De las 312 especies de *Salvia* (más del 35% de todas las especies de este género en el mundo), cuya mayoría crece en hábitat del bosque de pino y encino, 270 especies son endémicas (alrededor del 86%). Otra familia, la Agavaceae, especialmente el género *Agave*, alcanza su máxima diversidad en México y en el mundo, en la Faja volcánica transmexicana.

La cuenca del río Balsas es además el área de mayor concentración de especies del género *Bursera* dentro del territorio mexicano. De este género americano se han identificado cerca de 70-

80 especies, de las cuales 51 se encuentran en México; de éstas, unas 34 habitan las diversas regiones del río Balsas, siendo 21 exclusivas de la misma (Miranda 1947, Rzedowski 1986). Este espectacular centro de diversificación presenta patrones de distribución no homogéneos al interior de esta depresión. Existen claramente tres áreas geográficas de distribución dentro de la depresión del río Balsas: la depresión Oriental, la depresión Occidental y los bordes de la depresión (Toledo 1982).

Los bosques de pino y encino albergan igualmente una diversidad de vertebrados endémicos más rica que la de cualquier otro ecosistema terrestre de México (Flores-Villela y Gerez 1994). Estos autores han logrado identificar casi 200 especies en cada uno de estos tipos de bosques.

Los bosques de pino y encino de la Faja volcánica transmexicana, de la Sierra Madre del Sur y de la Sierra Norte de Oaxaca, constituyen también el hábitat preferido de una parte sustancial de los mamíferos de México y de la más alta diversidad de reptiles y anfibios entre todos los tipos de vegetación de México (Toledo 1988, Flores-Villela 1998).

El endemismo de las aves terrestres mexicanas también es muy alto en estas cadenas montañosas de la depresión del Balsas. Los bosques de pino y encino de la Faja volcánica transmexicana, la Sierra Madre del Sur de Guerrero y la Sierra Norte de Oaxaca son el hábitat de 43 especies identificadas.

#### LAS SELVAS TROPICALES SUBHÚMEDAS

Las selvas tropicales subhúmedas de la cuenca del Balsas forman parte de los más extensos ecosistemas forestales tropicales de México y constituyen la vegetación de dosel cerrado más septentrional del continente americano. Una alta proporción de estas selvas integran el manto vegetal que cubre las laderas y serranías

de la cuenca del río Balsas, especialmente en su flanco del Eje neovolcánico transmexicano y la Sierra Madre del Sur.

Las selvas tropicales subhúmedas de la depresión del Balsas crecen sobre sustratos volcánicos y rocas metamórficas de sus serranías. La acción combinada de la fuerte radiación solar, la precipitación escasa y la poca capacidad de los suelos para retener la humedad, por lo general poco profundos y rocosos, a lo que hay que agregar una temporada prolongada de sequía de alrededor de ocho meses del año, hace que estas comunidades se encuentren sometidas a un profundo estrés hídrico. La naturaleza abrupta del relieve, con inclinaciones y orientaciones diferentes, hace que los presupuestos hidrológicos de estas comunidades varíen de un tramo al otro. Las tormentas a las que se encuentran sometidas con frecuencia y los aguaceros intensos en cortos períodos, vuelven a estas selvas altamente sensibles a procesos erosivos.

Las selvas subhúmedas de la cuenca del río Balsas se incluyen en el mapa de las diez regiones con mayor diversidad de aves endémicas del mundo, y sus selvas medianas subcaducifolias constituyen partes del hábitat más rico en cuanto a diversidad de aves de México, con 240 especies registradas. Para finalizar hay que enfatizar que estas selvas subhúmedas son el hábitat preferido de 724 especies (29%) de los vertebrados terrestres de México, entre los cuales se encuentran 233 especies endémicas (Flores Villela y Gerez 1994).

#### LAS ZONAS DE DEPOSITACIÓN Y ALMACENAMIENTO: EL DELTA DEL RÍO BALSAS

##### EL DELTA

El delta del río Balsas comprende los 13 últimos km del sistema fluvial en su curso hacia el mar y es uno de los raros ejemplos en el

mundo, y único caso en México, enmarcado por rasgos estructurales que caracterizan a las costas de colisión continental, lo que determina su estructura y configuración en terrazas aluviales, planicies costeras y amplios abanicos aluviales, así como la dinámica de los grandes procesos naturales que controlan su comportamiento. Es el área de mayor importancia como zona de depositación y almacenamiento de los flujos de sedimentos, minerales y materia orgánica de la cuenca. Su importancia ecológica es por ello crucial. De la magnitud y de la calidad de estos depósitos depende por entero la función ecológica del sistema fluvial como mecanismo de producción, transporte y depositación de nutrientes y minerales hacia la zona costera y el mar.

El delta tiene una forma triangular con una base de 13 km, una altura de nueve km y una superficie aproximada de 60 km<sup>2</sup>, según estimaciones de Gutiérrez-Estrada (1971). Su porción subaérea presenta una topografía llana, con pendientes suaves hacia el sur, pequeñas ondulaciones, islas (La Palma, El Cayacal, Enmedio y Burras), esteros y canales que migran notablemente y que presentan, por ello, numerosos indicios de meandros abandonados. Hacia el litoral se forman numerosos esteros y lagunas, rodeados de manglares. Su porción submarina presenta rasgos extremadamente notables caracterizados por la existencia de una serie de cañones submarinos entre los que sobresalen los de El Manglito, La Necesidad, Gasolino y Petacalco, situados frente a las distintas desembocaduras que ha adoptado el río en sus descargas hacia el mar.

La economía ecológica del delta está determinada por la influencia de tres procesos naturales mayores: las descargas de aguas dulces del río Balsas, las aguas profundas de los cañones submarinos situados frente a la desembocadura y las aguas ecuatoriales superficiales, que controlan el enriquecimiento de la biomasa del área y, al final, su riqueza íctica (CIBNOR 1995). La emersión estacional (abril-mayo) de las aguas profundas del Ca-

ñón de Petacalco, arrastra nutrientes (nitrógeno y fósforo), fertiliza las aguas de la desembocadura y favorece la producción primaria y secundaria del delta y, al límite, hace posible la presencia de un mayor número de organismos en la red trófica superior al extender el dominio marino en el estuario. Las descargas de agua dulce del Balsas permiten una marcada estratificación salina de las aguas superficiales y realizan aportaciones importantes de sílice, fósforo y nitratos, que enriquecen las aguas litorales muchos km más allá de la desembocadura. Finalmente, la presencia en los meses invernales de las aguas ecuatoriales superficiales, ricas también en nutrientes (especialmente fósforo inorgánico) permiten un incremento notable de la biomasa que sostiene a una rica pirámide trófica. Estas tres influencias naturales mayores dotan al delta de un delicado equilibrio fisicoquímico y biológico del que depende directamente su alto potencial de recursos biológicos.

El delta es, en suma, un sistema abierto, dominado y subsidiado por procesos físicos y químicos de sus sistemas adyacentes: el fluvial y la zona costera-marina. Está determinado, además, por intensos intercambios bióticos y abióticos con las unidades ambientales que integran el gran sistema ecológico del río Balsas y su zona costera-marina. Y, finalmente, su gran riqueza y diversidad biológicas están íntimamente vinculadas a su capacidad para permitir la incursión de una variedad de organismos marinos, estuarinos y dulceacuícolas, que lo utilizan como área de reproducción, alimentación, crecimiento y refugio, además de servir de hábitat, permanente o temporal (sitio de invernación, estación de tránsito o cuartel migratorio) para una notable diversidad de especies de la fauna silvestre, acuática y terrestre.

La riqueza ictiológica del Delta ha sido documentada por diferentes investigaciones realizadas en el área. Los trabajos de Fuentes y Gaspar (1994) y del CIBNOR (1995), refieren 47 especies como

componentes de la ictiofauna de la desembocadura: nueve pertenecientes a ambientes dulceacuícolas, cuatro al estuarino y 34 al marino. El CIBNOR registra 36 especies, durante sus muestreos de febrero de 1992 a enero de 1993 y de febrero de 1993 a mayo de 1994, en el brazo izquierdo (San Francisco), 14 del componente estuarino: jaiba (*Callinectes toxotes*), langostino (*Macrobrachium americanum*, *Macrobrachium tenellum*, *Macrobrachium digesti*, *Macrobrachium sp.*, *Palaemon sp.*), robalo (*Centropomus medius*, *Centropomus nigrescens*, *Centropomus robalito*), lisa/lebrancha (*Mugil curema*, *Mugil cephalus*), (*Dormitator maculatus*) y la sardinita (*Lile gracilis*); diez del componente marino: (*Ocypode sp.*), mojarra (*Diapterus brevirostris*, *Diapterus peruviana*, *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus californiensis*), (*Chaenomugil proboscideus*) pargo amarillo (*Lujanus argentiventris*), (*Gobiomorus maculatus*), lenguado (*Syacium latifrons*), el cuatete (*Ariopsis guatemalensis*), (*Eleotris picta*), (*Awaous transandeanus*); 12 del componente dulceacuícola: el caracol (Gastropodo C.), el langostino (*Macrobrachium digueti*), (*Astynax fasciatus*), (*Poecilia sphenops*) (*Poecilia mexicana*), (*Poeciliopsis balsas*), (*Poeciliopsis starksii*) (*Poeciliopsis sp.*), tilapia (*Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis aurea*, *Agonostomus monticola*, *Atherina panamensis* y *Atherinella guatemalensis*).

Entre las especies reportadas de anfibios y reptiles destacan ocho especies que se encuentran en algunos de los siguientes estatus de protección, de acuerdo con la NOM-059-ECOL-2001: la rana (*Rana forreri*), especie rara; la iguana verde (*Iguana iguana*), en peligro de extinción, abundante en la zona del manglar del estero El Gasolino; el garrobo (*Ctenosaura pectinata*), amenazada, es una especie endémica mexicana, de abundancia relativa en los esteros de El Gasolino y Boca de Burras; la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en peligro de extinción, en la zona de playa adyacente al estero El Gasolino, que se considera como área de anidación; el cuije de cola azul (*Cnemidophorus lineatti-*



ssimus lividus), rara, aunque es el reptil más abundante de la costa michoacana; el cuije de cola roja (*Cnemidophorus communis* comunis) rara; el cocodrilo (*Crocodylus acutus*) rara, con una población importante en el Gasolino y la boa (*Boa constrictor imperator*), amenazada por la excesiva explotación para aprovechar su piel.

La avifauna reportada para el delta se ha visto reducida como se desprende los siguientes informes: 253 especies mencionadas por Villaseñor (1988), 175 especies por el IPN (1991) y 75 por CAI (1996). En el estero El Gasolino, CAI reportó siete especies bajo estatus de protección, según la norma antes referida: la cigüeña (*Mycteria americana*), amenazada; la cerceta (*Anas discors*), sujeta a protección especial; el pato (*Aythya affinis*), considerado como de protección especial; el halcón (*Accipiter striatus velox*) considerada como amenazada; el gavilán selvático (*Micrastur semitorquatus naso*), identificado como especie rara; el tecolotito (*Glaucidium brasilianum ridgwayi*) especie clasificada como amenazada; y el paseriforme migratorio (*Seiurus noveboracensis notabilis*) considerado como especie rara.

El listado de mamíferos reportados por CAI (1996) es de 21 especies para El Gasolino y de ocho para Boca de Burras. Sólo una especie cae bajo el estatus de protección, según la NOM-059-ECOL-2001: el jaguarundi (*Felis yagouaroundi tolteca*).

#### LOS USOS DE LAS AGUAS VERDES Y AZULES DEL BALSAS

Los bosques de coníferas cubren todavía la mayoría del manto vegetal de la cuenca del río Balsas. De acuerdo con la información proporcionada por la SEMARNAT (ver cuadro 14), estos bosques ocupaban hacia 1996 una superficie estimada en 2,897,426.45 ha, a lo que habría que agregar otra extensión calculada en 1,610,408.98 ha de bosques con vegetación secundaria. De acuerdo

con estas misma fuente, hacia 1996 las selvas tropicales primarias de la cuenca se habían reducido, a sólo 291,355.14 ha. El grueso de las selvas existentes en el área (1,125, 388.54 ha) fueron clasificadas como selvas con vegetación secundaria. Junto con la agricultura de temporal, los pastizales inducidos y cultivados y la agricultura de riego, bosques y selvas constituyeron el 94 % de los usos del suelo de la cuenca, distribuidos del modo siguiente: 51% de bosques y selvas, 24% para agricultura de temporal, 11% de pastizales inducidos y cultivados y 8% para agricultura de riego (cuadro 14).

Estas cifras, sin embargo, no pueden ocultar la realidad de la profunda transformación que se está operando en la cubierta vegetal de la cuenca. Bosques y selvas, especialmente estas últimas, han sufrido un proceso acelerado de perturbación que se refleja en la drástica expansión de las superficies clasificadas como ocupadas por bosques y selvas con vegetación secundaria, lo que resulta más evidente cuando se examina lo acontecido durante los últimos 15 años (1980-1996), vistos a partir de las estimaciones resultantes del cuadro 14. Lo que estas cifras muestran es que en sólo tres lustros, 960,340 ha de selvas en buen estado de conservación se vieron reducidas a sólo 291,355 ha. En el mismo lapso se experimentó un incremento de 646,744 ha de bosques con vegetación secundaria. Ambas cifras muestran, aunque de un modo indirecto, los altos grados de perturbación experimentados por ambas comunidades vegetales, las mayores fuentes de nutrientes y minerales de la cuenca, durante este breve periodo.

De las disponibilidades totales de aguas superficiales, estimadas en 24,484 Mm<sup>3</sup>, se extraen o derivan para diferentes usos 7,210 Mm<sup>3</sup>/año de los cauces, vasos y embalses, que se consideran los usos consuntivos de las aguas superficiales. A este total habrá que agregar los volúmenes que se evaporan, estimados en 1,189 Mm<sup>3</sup> y los 629 Mm<sup>3</sup> que se exportan a otras cuencas (472 a

CUADRO 14. LA CUENCA DEL RÍO BALSAS:  
USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN ENTRE 1980 Y 1996

CLASES	SUP. 1980 (HA)	SUP. 1996 (HA)	DIFERENCIA (HA)	PORCENTAJE	TASA ANUAL DE CAMBIO (HA)
Pastizal natural	31,160.82	0.00	-31,160.00	-100.00	-1,947.55
Selvas	960,340.51	291,355.14	-668,985.37	-69.66	-41,811.59
Agricultura de riego	1,697,313.84	932,355.74	-764,958.10	-45.07	-47,809.88
Matorral con vegetación secundaria	217,836.81	135,772.22	-82,064.59	-37.67	-5,129.04
Pastizal inducido y cultivado	1,397,743.73	1,324,813.62	-72,930.11	-5.22	-4,558.13
Bosques	2,744,796.47	2,897,426.45	152,629.99	5.56	9,539.37
Agricultura de temporal	2,661,211.14	2,871,903.85	210,692.71	7.92	35,115.45
Selva con vegetación secundaria	932,558.99	1,125,388.54	192,859.59	20.68	12,053.72
Bosque con vegetación secundaria	963,664.37	1,610,408.98	646,744.61	67.11	40,421.54
Cuerpos de agua	59,558.99	197,501.29	137,942.29	231.61	8,621.39
Matorrales	12,820.00	205,299.04	192,479.09	1,501.40	12,029.94
Otros tipos de vegetación	34,120.16	131,617.25	97,497.09	285.75	6,093.57
Otros usos	27,404.19	16,657.88	-10,746.32	-39.21	-671.64
Superficie total	11,740,500.00	11,740,500.00			

Fuente: Datos proporcionados por la Dirección General de Conservación de Suelos-Semamat, a partir de las cartas de uso del suelo y vegetación del INEGI.

través del sistema Cutzamala y 158 al distrito de riego del Alto Atoyac), para dar un total de 9,028 Mm<sup>3</sup>. lo que genera un excedente bruto anual del orden de los 15,456 Mm<sup>3</sup>. De este excedente se destinan a usos no consuntivos 12,669 Mm<sup>3</sup> para la producción de energía en las plantas hidroeléctricas de El Infiernillo y La Villita, lo que reduce la disponibilidad en términos reales a sólo 2,757 Mm<sup>3</sup> (cuadro 15).

La generación de energía es el principal uso productivo del agua superficial en la cuenca del río Balsas. Los volúmenes comprometidos para este uso imponen severas restricciones a los otros aprovechamientos. A primera vista, el balance hidrológico de las aguas superficiales de la cuenca presenta un alto potencial no explotado. Pero esta imagen es engañosa. Porque si bien los volúmenes brutos disponibles son altos (15,456 Mm<sup>3</sup>/año), después de descontados sus usos consuntivos y los volúmenes evaporados y exportados a otras regiones, cuando se introduce en el balance los montos comprometidos para la generación de energía, la situación cambia de un modo notable. Lo que sucede se puede observar visualmente en los mapas 11 y 12, que presentan el balance de aguas superficiales antes y después de la generación de energía. En el mapa 11 la situación es la de un sistema hidrológico con disponibilidades y en equilibrio, en la mayoría de sus cauces. Sólo el Alto Atoyac (1) y El Cutzamala (15), presentan situaciones deficitarias.

Cuando se descuentan los volúmenes comprometidos para la generación de energía (12,699 Mm<sup>3</sup>/año), la situación es distinta ya que la mayoría de los tributarios, especialmente en las cuencas alta y media, presentan déficit y prácticamente sólo los ríos de la cuenca baja muestran estados de equilibrio y disponibilidades, como puede observarse en el mapa 12. Dado que el uso para la generación de hidroelectricidad es prioritario y es considerado como no consuntivo, la CFE retorna los volúmenes utilizados, los que pudieran considerarse como disponibles. Sólo que precisa-

mente el área hacia la que se regresa esta agua, presenta los más bajos niveles de consumo. Ni su población ni sus actividades productivas requieren de estos grandes volúmenes, los que finalmente son arrojados al mar.

Dos cuestiones se derivan de esta situación. En primer lugar, se encuentra el hecho de la inflexibilidad de los volúmenes comprometidos. Si se quiere conservar la generación de energía a iguales montos que los actuales, deberán mantenerse invariables los volúmenes para este uso. Pero si se quiere incrementar las aportaciones del río Balsas a la satisfacción de las necesidades futuras de la sociedad mexicana, entonces se requerirá de volúmenes adicionales que tendrán que provenir de las precarias disponibilidades para otros usos. En segundo lugar, la magnitud de los volúmenes comprometidos para la generación de energía tiene profundas consecuencias a nivel de las subregiones de la cuenca. Las disponibilidades sin considerar la generación de energía para el Alto y el Medio Balsas son de 3,743 y 9,093  $\text{Mm}^3/\text{año}$ , respectivamente. Al tomar en cuenta la generación de energía esta disponibilidad se reduce a 511 y 1,371  $\text{Mm}^3$ , en tanto que la disponibilidad del Bajo Balsas antes de la generación de energía, es de 15,426  $\text{Mm}^3$  la que, después de sus usos para la generación de energía, se ve reducida a solamente 2,757  $\text{Mm}^3$ . Las disponibilidades relativas del Tepalcatepec, el Cupatitzio, el Tacámbaro y el propio Bajo Balsas, presentan en estas circunstancias, equilibrios muy precarios.

La potencia instalada en conjunto del Medio y el Bajo Balsas es de 2,330 MW, de los cuales 1,300 corresponden al sistema El Infiernillo-La Villita. Los montos generados abastecen las necesidades del complejo portuario-industrial de Ciudad Lázaro Cárdenas y parte de las del centro y occidente del país. Lo que vuelve estratégico los volúmenes generados en la región.

La producción agrícola en la cuenca consume 7,909.72  $\text{Mm}^3$  de agua al año, de los cuales 5,961  $\text{Mm}^3$  son superficiales y 1,948.72

Mm<sup>3</sup> son subterráneas. Esta agua es abastecida mediante una infraestructura de presas y obras de alumbramiento (pozos) . 25 presas constituyen la infraestructura hidráulica básica de la cuenca: 4 en el Alto Balsas; 12 en el Balsas Medio y 9 en el Bajo Balsas. Estas obras abastecen a 9 distritos de riego: 16 de Morelos , 30 de Valsequillo, 45 de Tuxpan, 56 de Atoyac-Zahuapan, 57 de Amuco-Cutzamala, 68 de Tepecoacuilco, 97 de Lázaro Cárdenas , 98 de José Ma. Morelos y 99 de Quitupan. En total representan 174,089 ha regadas (Cuadro 6). A esta infraestructura se agregan 10,970 pozos, distribuidos en sus tres subcuencas del modo siguiente: 8,691 en el Alto Balsas, 272 en el Medio Balsas y 2,007 en el Bajo Balsas.

Una gran cantidad de problemas se presentan en torno a estas presas e infraestructura de riego. En primer lugar, la mayoría de estas obras ha rebasado su vida útil o se encuentra a punto de hacerlo. Sus potenciales de almacenamiento se encuentran bastante deteriorados debido a que sus capacidades de diseños para azolves se han visto superadas. Son los casos muy notables de las presas Pucuató (54 años de servicio y 100% de azolve), Sabaneta (51 años de servicio y 96% de azolve), Del Bosque (49 años de servicio y 92% de azolve). En segundo lugar, sus distritos de riego presentan altos índices de ineficiencia en sus sistemas de conducción y distribución del agua y en sus tecnologías de riego: prevalecen métodos obsoletos de aplicación por gravedad que, sin controles adecuados, producen grandes desperdicios, propician la sobreirrigación de cultivos y requieren de costosos insumos de energía, lo que coloca sus índices de eficiencia total entre 50% y 37%. En tercer lugar, el mal manejo de los distritos de riego ha propiciado el incremento de algunos problemas críticos como los de la sobreexplotación de los acuíferos, la salinización de los suelos y el anegamiento y la contaminación de los mantos freáticos por el excesivo usos de agroquímicos.

Diseñados originalmente para satisfacer las necesidades internas de alimentos básicos, los distritos de riego cambiaron en

CUADRO 15. LA CUENCA DEL BALSAS: CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN OPERACIÓN

CENTRAL	POTENCIA INSTALADA (MW)	FACTOR PLANTA (%)	ENERGÍA GENERABLE (G-wh/ año)	CARGA DISPONIBLE (m)	DOTACIÓN DE AGUA (m <sup>3</sup> /kWh)	VOLUMEN DE AGUA (Mm <sup>3</sup> )	EVAPORACIÓN MEDIA ANUAL (mm)
Medio Balsas	903		2,758		8.42	7,904	
Caracol	594	28.6%	1,486	91.90	4.13	6,144	2,651
Tingambato	135	47.3%	559	380.00	1.22	681	2,018
Ixtapantongo	106	41.4%	384	262.40	1.27	487	2,018
Sta. Bárbara	68	55.2%	329	262.40	1.80	592	2,018
Bajo Balsas	1,427		4,807		24.10	30,104	
Infiernillo	1,000	34.6%	3,032	110.00	4.95	15,000	2,482
La Villita	300	42.9%	1,128	44.00	12.70	14,329	1,779
Cupatitzio	73	66.6%	426	332.00	1.00	428	973
Cobano	52	46.3%	211	332.00	1.45	307	2,142
Texolo	2	71.3%	10	133.60	4.00	40	1,215
Total	2,330		7,565		32.52	38,008	

Fuente: CNA 2000.

CUADRO 16. LA CUENCA DEL BALSAS:  
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DISTRITOS DE RIEGO

No.	DISTRITO	ESTADO	SUPERFICIE DOMINADA	SUPERFICIE REGABLE	SUPERFICIE REGADA	EFICIENCIA POR GRAVEDAD
Alto Balsas						
56	Atoyac-Zahuapan	Tlax.	6,004	4,284	4,267	43.8
30	Valsequillo	Pue.	34,704	33,820	20,303	55.3
16	Edo. de Morelos	Mor.	40,200	35,181	38,853	51.2
Medio Balsas						
57	Amuco-Cutzamala	Gro.	30,129	25,871	12,153	37.0
68	Tepecoacuilco- Quechultenango	Gro.	7,108	2,522	1,590	58.4
45	Tuxpan	Mich.	19,108	19,184	19,830	70.0
Bajo Balsas						
97	Lázaro Cárdenas	Mich.	108,691	45,752	65,963	
98	José Ma. Morelos	Mich.	15,000	8,500	5,018	
99	Quitupan	Mich.	6,112	6,112	6,112	
	Total de la región		267,056	181,226	174,089	

Fuente: CNA 2000.

el transcurso del tiempo sus patrones de cultivo en favor de la producción de materias primas agroindustriales (caña de azúcar, sorgo, ajonjolí, etc.) cultivos perennes (limón, mango y otros frutales) y hacia los cultivos de exportación (hortalizas). Los cam-



bios en la legislación agraria, el escaso o nulo financiamiento a los cultivos básicos, la débil organización de los pequeños productores (siempre dependientes de los apoyos y subsidios gubernamentales), han permitido la venta de tierras y derechos a los grandes productores y a los consorcios privados, únicos beneficiarios de los actuales procesos de la transferencia de los distritos de riego a los usuarios y de la apertura de la economía hacia los mercados globales.

Sin embargo, los más graves problemas en términos ecológicos son los cambios a los regímenes de flujo y de sedimentación del río Balsas, que las presas trajeron consigo. Tales cambios constituyen sin duda el problema ecológico más severo de la cuenca debido a la alteración de la evolución natural del sistema hidrológico que estas obras han significado. Al inicio de las obras, el río aportaba unos  $39 \times 10^6 \text{ m}^3$  de sedimentos al año, según los datos de la antigua SARH (1970). Cuando, en 1968, se dieron por concluidas las presas El Infiernillo y La Villita, el régimen hidráulico se volvió artificial, con gastos máximos y medios controlados y el río dejó de aportar sedimentos de granos gruesos al delta (Gutiérrez-Estrada 1990).

Desde un punto vista geomorfológico, es posible diferenciar claramente dos etapas en la evolución natural de la cuenca y su delta a partir de la construcción de las grandes presas: una fase constructiva de carácter progradante, dominada por los acarreo fluviales, anterior a las obras de infraestructura; y una fase regresiva, posterior a las obras de ingeniería, controlada predominantemente por eventos marinos y caracterizada por intensos y dramáticos procesos erosivos, tanto en la porción subaérea del delta como en su parte submarina.

Los desequilibrios del sistema fluvial se reflejaron en todos los ambientes ecológicos críticos del sistema hidrológico, pero especialmente en su delta, porque a las alteraciones ocasionadas por las presas se añadieron las derivadas de las obras de cons-

trucción y mantenimiento de su complejo portuario, que modificaron radicalmente el estuario. Entre ellas se pueden mencionar la modificación del sistema de islas y canales del delta, con obras como la del relleno del brazo de liga y el taponamiento de la boca de Burras; cambios en la morfología de los brazos, que perdieron sus características meándricas por las obras de rectificación de sus márgenes, lo que se tradujo en el acortamiento de su longitud, bruscamente en el caso del brazo izquierdo, que perdió unos tres kilómetros a partir del impacto provocado por las obras en cuestión; la migración de la playa tierra adentro, con un retroceso promedio de 13 metros al año entre 1958 y 1979; la erosión del frente deltaico subaéreo, especialmente a la altura de la isla del Cayacal, pues la supresión de aporte de sedimentos motivó la transformación, por fricción, del frente litoral debido a la energía del oleaje, lo que generó el transporte de altos volúmenes de sedimentos por las corrientes litorales, principalmente hacia el este, esto es, hacia la bahía de Petacalco.

En cuanto a los balances geohidrológicos de aguas subterráneas, ellos muestran también una disponibilidad limitada y escasas reservas, que presentan a futuro serias restricciones para satisfacer sus diferentes usos. De la recarga de 3,435.21 Mm<sup>3</sup> de sus 40 acuíferos se extraen 2,712.32 Mm<sup>3</sup> a través de 10,970 pozos distribuidos en las tres subcuencas, lo que da una diferencia bruta entre recarga y extracción de 722.89 Mm<sup>3</sup>. Pero por regiones la situación muestra considerables diferencias. El Alto Balsas presenta un ritmo de extracción que corresponde al 95% de su recarga renovable, lo que plantea serios límites a sus disponibilidades futuras. El Bajo Balsas tiene un nivel de extracción de sus recursos del 66% y sólo el Balsas Medio muestra un menor índice de explotación que corresponde al 14% de su recarga (cuadro 17). A ello hay que agregar otros problemas críticos: el elevado número de pozos clandestinos, los conflictos por el uso agrícola y urbano-industrial, la sobreexplotación de los acuíferos y la

contaminación por el excesivo y no controlado empleo de sustancias tóxicas.

CUADRO 17. CUENCA DEL RÍO BALSAS:  
RESUMEN DEL BALANCE HIDRÁULICO (VOLÚMENES EN Mm<sup>3</sup>/año)

SUBREGIÓN	AGUAS SUPERFICIALES			AGUAS SUBTERRÁNEAS			SUMA DISPONIBILI- DAD
	ESCURRI- MIENTO	EXTRAC- CIONES-UC	DISPONI- BILIDAD	RECARGA	EXTRAC- CIÓN	DISPONIBILI- DAD	
Alto Balsas	6,851	2,599	494	2,369	2,287	82	576
Medio Balsas	7,463	1,061	869	572	82	490	1,359
Bajo Balsas	9,959	3,550	1,395	494	343	151	1,546
Sumas	24,273	7,210*	2,758	3,435	2,712	723	3,481

\*Se refiere únicamente a las extracciones para usos consuntivos a los que hay que agregar los no consuntivos, las pérdidas por evaporaciones y las exportaciones para obtener las disponibilidades efectivas de la columna siguiente.

Fuente: CNA 2000.

Para el abastecimiento de agua potable a las poblaciones de la cuenca se utilizan aproximadamente 664.81 Mm<sup>3</sup> anuales, considerados como uso público urbano. Los requerimientos excesivos para satisfacer las necesidades siempre crecientes de las poblaciones urbanas, acentuados por el crecimiento desordenado de las ciudades grandes y medianas de la cuenca, la baja eficiencia de las redes de distribución —cuyos altos niveles de deterioro redundan en fugas estimadas en un promedio conservador de 40% de agua desperdiciada y no contabilizada— y el elevado nú-

mero de tomas clandestinas conectadas a las líneas de conducción y a las redes de distribución, reducen dramáticamente los niveles de eficiencia de la oferta de agua potable para las poblaciones. Esta incapacidad del sistema hidráulico para hacer frente a las necesidades de una población que se urbaniza acelerada y anárquicamente, junto a las de una población rural que ve cada vez más lejanas sus posibilidades de acceso a servicios básicos, es manifiesta: la cobertura de agua potable sólo alcanza niveles aceptables en las grandes ciudades mientras que en las medianas y pequeñas sólo es de 62%, para las poblaciones rurales es de 48% y prácticamente nula en las miles de rancherías y pequeñas comunidades rurales dispersas en la cuenca. Esta situación es especialmente visible en la Mixteca (oaxaqueña y poblana) y en las pequeñas poblaciones morelenses, guerrerenses y michoacanas, donde la eficiencia en la cobertura apenas alcanza entre el 20% y el 50%, en el mejor de los casos.

La región cuenta con 76 plantas de tratamiento de descargas municipales, con un gasto de diseño conjunto de 3,068.7 L/s, pero únicamente 43 se encuentran en operación, con una capacidad de tratamiento de 2,205.7 L/s. La insuficiencia de la infraestructura existente es uno de los problemas más difíciles de la cuenca, porque la mayoría de las poblaciones descargan sus residuos, sólidos y líquidos, a los ríos y otras corrientes de agua, sin ninguna clase de tratamiento.

El uso industrial emplea volúmenes de 389 Mm<sup>3</sup> por año. No obstante lo relativamente reducido de su demanda frente a otros usos, el sector industrial genera graves efectos sobre el agua de la cuenca. En primer lugar, porque las actividades industriales se concentran en áreas ecológicamente críticas de las cuencas alta y baja: el corredor industrial de Puebla-Tlaxcala, la ciudad industrial del Valle de Cuernavaca y la región de Lázaro Cárdenas en el delta. En segundo lugar, porque la naturaleza de sus desechos produce una amplia gama de efectos negativos sobre la calidad

del agua y los ecosistemas biológicamente más productivos de la cuenca, especialmente los del delta. Plaguicidas organoclorados e hidrocarburos aromáticos policíclicos ya han sido detectados en áreas críticas de la desembocadura y el litoral costero. De acuerdo con el Inventario nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, existen en la región 90 plantas de tratamiento Primario, 89 en el Alto Balsas y una en el Balsas Medio, con un gasto de operación de 549.99 L/s; 124 plantas de tratamiento secundario, 122 en el Alto Balsas, una en el Balsas Medio y otra en el Bajo Balsas, con un gasto de operación de 953.27 L/s y sólo 17 plantas de tratamiento terciario, 16 en el Alto Balsas y una en el Balsas Medio, con un gasto de operación de 48 L/s. No se cuenta con datos precisos sobre la eficiencia en el funcionamiento de tales plantas, pero sí es visible la insuficiencia de la infraestructura actual.

Un uso especialmente importante de las aguas almacenadas en las presas ha sido el de la acuicultura. En algunos casos, como los de las presas de El Infiernillo y La Villita en el Bajo Balsas, se emprendieron grandes programas de cultivo mediante la introducción de especies exóticas como la tilapia y la carpa. Al inicio de estos programas la siembra de millones de semillas de tilapia produjeron resultados espectaculares y la región llegó a considerarse una de las más importantes entre las que practicaban las pesquerías de aguas interiores, no solamente en México sino en Latinoamérica. El mal manejo y la falta de control sobre las especies introducidas, la falta de apoyos técnicos a los pescadores, la ejecución de programas gubernamentales inadecuados e impulsados por factores políticos, el crecimiento exponencial de la población de pescadores, la pesca ilegal y clandestina, el uso de redes y técnicas prohibidas y el control absoluto de los mecanismos de comercialización por un número reducido de acaparadores, no sólo redujeron de un modo drástico los volúmenes de producción en unos cuantos años sino que han sumido al

grueso de la población de pescadores en un círculo infranqueable de explotación, pobreza y abandono. Se perdió así, una posibilidad directamente ligada al mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones locales y de la situación alimentaria de la población regional.

Otro uso crítico de las aguas de la cuenca es el que se refiere a los volúmenes exportados, 629 Mm<sup>3</sup> al año, especialmente los que se destinan a abastecer las necesidades de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (472 Mm<sup>3</sup>) a través del sistema de bombeo del río Cutzamala. Este sistema está integrado por seis plantas con un total de 35 bombas, 29 de ellas con capacidad unitaria de cuatro m<sup>3</sup>/s y las otras seis de 1.7 m<sup>3</sup>/s cada una. Utiliza las aguas de las presas Villa Victoria, Valle de Bravo, El Bosque, Tuxpan, Ixtapan del Oro, Colorines y Chilesdo, con una capacidad global de 841 Mm<sup>3</sup>. Los problemas en torno a estas exportaciones plantean a futuro delicados conflictos interregionales entre usuarios.

#### LOS PROBLEMAS DE LA CALIDAD

Si la disponibilidad efectiva de los recursos acuáticos resulta un problema crítico en la cuenca del Balsas, otra cuestión igualmente crucial es la de la calidad de estos recursos. Las descargas de aguas residuales (domésticas, industriales y de retornos agrícolas) y la disposición de desechos sólidos y peligrosos, constituyen problemas de vastas dimensiones ambientales, económicas y sociales en la cuenca.

De acuerdo con los criterios de calidad de la CNA, el panorama que ofrece el río Balsas es el de un sistema ecológico con severos problemas de contaminación, donde prácticamente ninguno de sus principales afluentes alcanzan el nivel de excelencia, que pudiera hacerlo apto para todos los usos y aceptable para

la vida acuática. Lo que es más: un alto porcentaje de sus ríos acusan un franco y sostenido proceso de degradación. En el Alto Balsas, de sus 18 cuerpos de agua principales, 12 (66.7%) presentan niveles altísimos de degradación que oscilan entre ICA de diez (San Francisco) a 47 (Apatlaco). En el Medio Balsas la situación todavía es peor: de sus 10 cuerpos de agua principales nueve (90%) presentan un estado sistemático de degradación y el único cuerpo (la presa Vicente Guerrero) que tiene el ICA más alto (66) ha pasado de un estado altamente contaminado a “sólo” contaminado. Y la situación llega a situaciones límites en el Bajo Balsas, allí prácticamente todos sus cuerpos de agua principales (100%) presentan, sin excepción, muy altos y persistentes tendencias al deterioro, con ICA que oscilan entre 58 y 40 puntos. Esto significa que la calidad del agua de estos ríos se oscila entre niveles que los hacen inaceptables para cualquier uso, sea abastecimiento público, recreación general, pesca y vida acuática, industrial o agrícola, hasta niveles de aceptables sólo con tratamientos mayores para el abastecimiento público y los usos industriales y agrícolas. Son cañerías sólo aptas para la navegación en determinados tramos.

Esta situación se agrava durante el estiaje, especialmente en los ríos del Alto Balsas, cuando los ríos y cuerpos de agua transportan prácticamente sólo aguas residuales. Entonces, presas como las de Valsequillo se convierten en almacenes de aguas con una altísima concentración de contaminates. Sólo las lluvias contribuyen a “mejorar” esta situación, restituyendo las aguas del Alto Balsas a niveles de “sólo” fuertemente contaminadas.

A principios de los años 1990, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), el máximo organismo fiscalizador del gobierno mexicano, presentó un diagnóstico desolador de la situación del área del delta del río Balsas: los niveles de coliformes fecales en todas las estaciones muestreadas estuvieron por encima de las normas establecidas para aguas sanas, tanto en épocas

de estiaje como en lluvia. Las pruebas de toxicidad de sedimentos revelaron niveles extremadamente tóxicos en estaciones próximas a las plantas industriales y los análisis de bioconcentración de metales tóxicos y plaguicidas detectaron la presencia de estas sustancias en las principales especies acuáticas de interés alimenticio y comercial (PROFEPA-SISSA 1994).

#### AGUA Y SOCIEDAD

Según las estimaciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO) en CNA (2000), la cuenca del río Balsas tenía en 1995 una población de 9,247,855 habitantes (10% de la población del país), la cual era predominantemente urbana (67%). Regionalmente, el 68% se concentraba en el Alto Balsas. La densidad de la población ascendía a 70 hab./km<sup>2</sup>, superior a la media nacional que era sólo de 45 hab./km<sup>2</sup>. Vista por regiones la concentración es todavía más impresionante en la cuenca alta: allí la densidad es de 129 hab./km<sup>2</sup>, tres veces mayor a la media nacional. Según las proyecciones de CONAPO, hacia el año 2025 la población de la cuenca alcanzará los 13 millones de habitantes y su urbanización se mantendrán a ritmos similares a los que ha experimentado en los últimos años.

Existen en la cuenca 17 centros urbanos con más de 50,000 hab. Los más importantes por su población son: Puebla, Pue., con 1,160,000 habitantes; Cuernavaca, Mor., con 320,000 hab.; Uruapan, Mich., con 220,000 hab., Cuautla, Mor. 130,000 hab.; Chilpancingo, Gro., con 125,000 hab. y Tlaxcala, Tlax., con 36,500 hab. En estas ciudades se concentra el 32% de la población de la cuenca. Otro 35% vive en ciudades medias, con poblaciones menores a los 50 mil hab. y mayores a 2,500.

El 33% de la población vive dispersa en comunidades rurales menores de 2,500 hab. Las más alejadas han logrado sobrevivir poniendo en práctica algunas estrategias de manejo de los recur-



sos que le proporcionan los bosques y las selvas subhúmedas de su entorno, como la domesticación de plantas y árboles frutales, los conocimientos etnobotánicos y de medicina tradicional, la recolección de leña y prácticas agrícolas como las terrazas, el policultivo y las microparcels. Los indígenas nahuas de Puebla y Guerrero obtienen más del 50% de sus plantas alimenticias no domesticadas a partir de especies originarias de las selvas subhúmedas. Los indígenas oaxaqueños y guerrerenses de la Mixteca obtienen las proteínas que requieren de una amplia variedad de insectos comestibles. Los sistemas tradicionales de cultivo, como la roza-tumba-quema, previenen la erosión hídrica y la pérdida de nutrientes arando las tierras con el método de curvas de nivel, al establecer cercas vivas y franjas de protección, quemar sólo la vegetación presente en la capa superficial del suelo, permitir que las raíces profundas mantengan una reserva de materia orgánica y definir períodos prolongados de barbecho.

Sin embargo, hay que decir que estas prácticas están cambiando rápidamente bajo la presión de las circunstancias impuestas por la pobreza, el abandono y las lógicas productivas de las actividades forestales y agropecuarias modernas. Las técnicas tradicionales de conservación de suelos, agua y el manto vegetal exigen de períodos prolongados y de montos de trabajo que resultan impracticables frente a las presiones impuestas por las necesidades de sobrevivir y los atractivos de los beneficios económicos inmediatos. La introducción de la ganadería de bovinos, la conversión de tierras de cultivo alimenticios y áreas boscosas en pastizales y zonas de cultivos comerciales, han impuesto su lógica económica en contra de la conservación de los recursos naturales. La transformación de selvas y bosques subhúmedos primarios en bosques y selvas secundarios avanza a velocidades vertiginosas en la cuenca del Balsas.

Donde el clima es marcadamente estacional y la topografía plana, menos del 10% del área de la cuenca, se practica una

agricultura comercial de riego, establecida muchas veces a costa de la desaparición de grandes porciones de selvas tropicales espinosas. Sistemáticamente, los granos básicos han ocupado una proporción menor de estas áreas para dar lugar a cultivos comerciales, preferentemente de exportación. Las infraestructuras obsoletas, los desperdicios de agua, las extracciones clandestinas, la sobreexplotación y la contaminación de los mantos acuíferos caracterizan hoy a esta agricultura. Los conflictos entre usuarios al interior de las áreas de riego y las disputas entre agricultores, industriales y poblaciones urbanas son frecuentes, especialmente en el Alto Balsas, donde la sobreexplotación ha llegado a límites críticos, como en los casos del Alto Atoyac, Libres Oriental, Valle de Tecamachalco y Tepalcingo-Axochiapan.

En 1995, el PIB de la región constituyó el 6.9% del total nacional. Esta modesta aportación le representó al sector primario el 12%, al secundario el 29% y al terciario el 59%.



## CONCLUSIONES

---

DEL ANÁLISIS INTEGRADO de las cuencas, costas y mares de las dos regiones hidrológicas estudiadas, de acuerdo con el marco conceptual propuesto, se destacan los siguientes hechos relevantes:

1. La cuestión de los servicios ambientales (I): los cambios en los patrones naturales de flujos y sedimentación

Este es, sin duda, el más serio de los problemas ambientales en ambas cuencas. Su patrón natural de flujos y sus mecanismos de transferencias energéticas y de materiales, desde las zonas de producción de agua (cuencas altas) hasta las áreas de almacenamientos (estuarios, humedales costeros y zonas marinas) fueron drásticamente alterados por las actividades antropogénicas, especialmente en las últimas décadas. En ambos casos las presas construidas para regular los flujos y controlar inundaciones (en el caso del río Grijalva) y para la generación de energía (en ambos casos), interfirieron su potencial de acarreo de sedimentos, afectaron su capacidad de formación de suelos y obstruyeron sus funciones ecológicas críticas de transportación de nutrientes y minerales hacia las planicies de inundación, las costas y las zonas marinas de alta productividad biológica. Esta capacidad de los ríos de fertilizar y proporcionar servicios y funciones ambientales críticas a algunos de los ambientes terrestres más productivos del planeta se ha visto drásticamente alterada en los hidrosistemas analizados.

En ambos casos estos cambios estructurales y funcionales se han reflejado en el equilibrio de las masas de aguas fluviales y marinas y en la estabilidad de la zona costera. Con estas modificaciones, los intensos procesos marinos y litorales, la acción de los vientos y las tormentas tropicales han prevalecido como factores dominantes sobre la acción compensatoria de las descargas fluviales. Barras y playas han sufrido intensos procesos erosivos y presentan estados regresivos que han terminado por afectar la configuración de la costa y las ricas zonas de producción biológica, como los bancos ostrícolas de las mayores lagunas costeras del Golfo de México.

## 2. La cuestión de los servicios ambientales (II): la pérdida acelerada del manto vegetal de las cuencas

La vegetación de las zonas altas montañosas de las dos cuencas se encuentran entre las más ricas de la biosfera y es un factor decisivo para el mantenimiento de las funciones y los servicios ecológicos de ambas regiones hidrológicas. Por su singularmente alta biodiversidad, los bosques y las selvas de las cuencas altas constituyen partes irremplazables del patrimonio ecológico y cultural de México y la humanidad. Su pérdida significaría un desastre ecológico y social y un daño irreparable para las generaciones futuras de mexicanos que los habitan y viven de sus productos.

Hoy se opera una transformación profunda y tal vez irreversible en el manto vegetal de ambas cuencas. Bosques y selvas han sufrido un acelerado proceso de destrucción atribuible a diferentes actividades humanas: una irracional explotación de sus recursos forestales, incendios inducidos, cambios a favor de actividades agropecuarias y cultivo de enervantes. De acuerdo con la información de instituciones oficiales mexicanas, en el breve lapso de 17 años (entre 1980 y 1996) la vegetación primaria o virgen de la

cuenca del río Balsas vio reducirse su extensión de 960,340 a sólo 291,000 ha, lo que da una idea de los ritmos y de la violencia de su destrucción. Un panorama similar presenta el manto vegetal de la cuenca Grijalva-Usumacinta, especialmente en la región de la selva Lacandona, un hábitat condenado a desaparecer.

### 3. La cuestión de los servicios ambientales (III): la erosión de los suelos

Acelerada por la rápida pérdida del manto vegetal, la configuración montañosa de las cuencas altas, la intensidad de los vientos y las precipitaciones torrenciales, los procesos de degradación de los suelos son intensos en ambas regiones hidrológicas. Prácticamente todas las formas de degradación conocidas se llevan a cabo con diferentes intensidades: hídrica y eólica, entre los procesos externos; física, química, biológica y antropogénica, entre los procesos internos. La erosión hídrica afecta, según datos de la Dirección de Conservación de Suelos de la SEMARNAT, a 9.3 millones de ha de la cuenca del río Balsas, lo que representa el 79.6% de su territorio. Es la más importante causa de degradación de los suelos de la cuenca. De acuerdo con la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), la erosión eólica también afecta a una alta proporción de la cuenca del Balsas, con índices que oscilan entre severos (50-200 ton/ha/año), en la parte central de la depresión, y extremos (> 200 ton/ha/año) en las pronunciadas pendientes del Cinturón volcánico transmexicano, en el sureste de la Sierra Madre del Sur y en las cadenas montañosas orientales de la cuenca.

En el caso del sistema del Grijalva-Usumacinta, de acuerdo con datos de la CNA, la pérdida de los suelos es causada por una extrema y muy extrema erosión hídrica que afecta al 89% del territorio de Tabasco y al 83% del territorio chiapaneco, donde alcanzan valores de pérdida de suelos de hasta 500 ton/ha/año.

La erosión hídrica es especialmente crítica en la Sierra Madre y en los Altos de Chiapas, en las Montañas marginales orientales, donde los valores son severos a extremos (mayores a 100 ton/ha/año), severos y altos (25-100 ton/ha/año), en la selva Lacandona, los Valles centrales y Malpaso, inducida y acelerada por la intensa deforestación que sufren estas áreas.

#### 4. Decrecimiento de las disponibilidades, competencia y sobreexplotación de las aguas azules

En ambos sistemas, los mayores usos han sido los hidroeléctricos. En la cuenca del Grijalva-Usumacinta, el 98.7% de los usos totales son para la generación de energía eléctrica, considerado un uso no consuntivo. Solamente un 1.3% se destina a usos agrícolas, urbanos, industriales y de otro tipo. De hecho, el problema de la disponibilidad de aguas azules (superficiales y subterráneas) es crítico solamente en el caso del río Balsas.

En la cuenca del Balsas, la disponibilidad relativa, efectiva o real, en algunas regiones presenta ya niveles cercanos a los desequilibrios. La situación es especialmente crítica en la cuenca alta, donde la contaminación por desechos industriales y urbanos limita severamente la disponibilidad para otros usos, especialmente la producción de alimentos y usos domésticos. También la disponibilidad de aguas subterráneas está sujeta a intensas presiones. Aunque la mayoría de los 38 acuíferos identificados muestran balances favorables, por lo que se les considera subexplotados, la realidad es que el margen entre volúmenes de recarga (3,435 Mm<sup>3</sup>) y extracción (2,712 Mm<sup>3</sup>), unos (722 Mm<sup>3</sup>), se estrecha cada vez más por la intensa dinámica de las extracciones con fines hidroagrícolas e industriales. En el caso del sistema Grijalva-Usumacinta, las presiones sobre los acuíferos sólo se presentan y alcanzan niveles críticos en las áreas cercanas a los grandes centros de población, especialmente en los acuíferos

de las planicies costeras tabasqueña y campechana, donde la intensidad de las extracciones han llevado a estos acuíferos a los umbrales de la sobreexplotación.

Las intensas presiones derivadas del crecimiento de las poblaciones en áreas críticas de ambas cuencas, acentuado por el caótico crecimiento de las ciudades medianas y los grandes centros urbanos, la baja eficiencia de las redes de distribución —cuyos niveles de deterioro presentan fugas que han sido estimadas conservadoramente, en 40% de la oferta— y el alto número de pozos clandestinos, especialmente en la cuenca del Balsas, reducen dramáticamente los niveles de las disponibilidades de aguas azules.

#### 5. El deterioro de la infraestructura hidráulica, agrícola y urbana

México vive hoy una fase crítica de su política hidráulica caracterizada por la rápida pérdida de capital que se refleja en el deterioro de su infraestructura relacionada con el agua, debido a la falta de recursos financieros necesarios para el mantenimiento y la ampliación de esta infraestructura a las tasas necesarias para satisfacer la demanda de recursos hídricos. Los casos de las cuencas estudiadas ilustran claramente esta situación.

La mayoría de las grandes presas construidas sobre sus principales sistemas fluviales presentan serios problemas de azolvamiento, sus principales distritos de riego muestran altos índices de ineficiencias en sus sistemas de conducción y de distribución de agua, con métodos obsoletos de irrigación en términos de aprovechamiento de agua, que obligan al sobreuso de recursos energéticos cada vez más caros. Esto coloca a los distritos de riego de sus cuencas en muy bajos índices de eficiencia (34%-50%).

Los sistemas de conducción y distribución de agua potable y drenaje presentan una situación similar. La incapacidad del sis-



tema hidráulico para hacer frente de un modo financieramente autosuficiente a las necesidades de una población urbana que crece de un modo anárquico y a tasas aceleradas, y las de un sector rural que se disgrega en minúsculas poblaciones, es cada vez más evidente. En las cuencas analizadas, la oferta de agua potable alcanza niveles aceptables solamente en las grandes ciudades, mientras que en las de tamaño medio y pequeñas sólo logra satisfacer al 60% de las necesidades de sus pobladores, a cubrir en promedio al 48% de las necesidades de sus poblaciones rurales y es prácticamente nula para hacer frente a la demanda de miles de poblados rurales dispersos de ambas cuencas.

Esta situación, particularmente con respecto a las comunidades rurales es especialmente visible en el Alto Usumacinta y el Alto Grijalva; en la Mixteca (oaxaqueña, poblana y guerrerense) y en las ciudades pequeñas de Morelos, Guerrero y Michoacán, donde la eficiencia en la oferta de agua sólo es del 20%, en el mejor de los casos y la infraestructura de drenaje, inexistente.

#### 6. La cuestión de la calidad: un problema crucial

Otra cuestión crucial es el de la calidad de los recursos hídricos de las dos regiones hidrológicas.

Las descargas de aguas residuales sin tratamiento (domésticas, industriales y de retornos agrícolas) y la falta de estructuras especializadas para el manejo de desechos tóxicos y peligrosos, constituye un problema de vastas repercusiones en la calidad del agua en ambos sistemas analizados.

De acuerdo con los criterios de la CNA para valorar la calidad del agua (índice ICA), el panorama que ofrecen las cuencas de las regiones estudiadas es el de hidrosistemas severamente afectados por el deterioro de la calidad de sus aguas. Prácticamente ninguno de sus principales afluentes presenta niveles de excelencia, que pudieran considerarse adecuados para todos los usos

y aceptables para una buena calidad de la vida en sus diferentes sistemas acuáticos. Aún más: en el caso de la cuenca del río Balsas un alto porcentaje de sus afluentes evidencia un alto proceso de deterioro. En la subregión del Alto Balsas, de los 18 cuerpos de agua que lo constituyen, 12 (67%) presentan muy altos niveles de degradación, con índices ICA que oscilan entre 10 (San Francisco) y 47 puntos (Apatlaco). En el Medio Balsas la situación es igualmente grave: de sus diez principales cuerpos de agua, nueve (90%), presentan estados de alta degradación y solamente un cuerpo (la presa Vicente Guerrero) tiene un índice de calidad aceptable (66). La situación alcanza niveles críticos en el Bajo Balsas (si los de las subregiones anteriores todavía no lo son): allí prácticamente todos sus cuerpos de agua (100%) presentan, sin excepción alguna, muy altas y persistentes tendencias a su deterioro, con índices ICA que oscilan entre 40 y 58 puntos. Esto significa que la calidad del agua de sus ríos oscilan entre niveles que lo hacen inaceptables para cualquier uso: doméstico, recreativo, acuacultural, para la vida acuática y aceptable solamente con tratamientos previos para usos agrícolas e industriales y para la navegación en determinados tramos.

En el caso de la región del Grijalva-Usumacinta, los niveles de deterioro están ligados a las descargas de la industria petrolera, a los agroquímicos utilizados sin ningún control en las plantaciones comerciales y a las descargas municipales sin tratamientos.

#### 7. La marginación, la pobreza y la desigualdad social: talones de Aquiles de la modernización de la sociedad mexicana

La pobreza, la marginación y las desigualdad social son las características predominantes de la población en ambas cuencas.

Aunque los índices de marginación calculados por CONAPO sean diferentes al interior de cada región, hay zonas donde estos indicadores señalan un alto y muy alto grado de marginación,

especialmente en las comunidades rurales y en las periferias de sus mayores sistemas urbanos. Tales son los casos de la Mixteca poblana, oaxaqueña y guerrerense; y de la Tierra Caliente michoacana y guerrerense, en la cuenca del Balsas así como del Alto Grijalva y la selva Lacandona, en la cuenca del Grijalva-Usumacinta. Sus grandes concentraciones, como Puebla-Tlaxcala, Cuernavaca y Lázaro Cárdenas en la cuenca del Balsas y Tuxtla Gutiérrez, Cárdenas, Villahermosa y Ciudad del Carmen, en la cuenca del Grijalva-Usumacinta, se caracterizan por sus agudos contrastes sociales.

Las marcadas diferencias entre la riqueza biológica de ambas cuencas y las condiciones de pobreza y marginación de sus poblaciones rurales e indígenas, representa un balance negativo para las políticas modernizadoras llevadas a cabo en estas zonas. Hasta hoy, los costos ecológicos y sociales de la modernización de la sociedad mexicana han sido cargados de un modo sistemático sobre las poblaciones rurales y especialmente sobre las poblaciones indígenas de ambas cuencas.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Botello, A., J.L. Rojas Galaviz, J.A. Benitez y D. Zárate (editores) 1996. Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental. Diagnóstico y tendencias. EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche. Serie científica, 666 pp.
- Caballero, J. 1990. El uso de la diversidad vegetal en México: Tendencias y Perspectivas. En: E. Leff (coord.). Medio ambiente y desarrollo en México. 2 vols. UNAM-CHCH. Porrúa, México, pp. 257-296.
- Casco M., R. 1979. El manejo del agua en un ecosistema tropical: el caso de La Chontalpa. Centro de Ecodesarrollo, México, 69 pp.
- CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste) 1995. Evaluación del impacto al ambiente marino por la descarga térmica de la central termoeléctrica de Petacalco, Guerrero. Informe final, 7 vols, México.
- CNA (Comisión Nacional de Agua) 2002. Diagnóstico de la región XI Frontera Sur. Informe final y anexos. México. 147 pp.
- 2000. Lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico de las regiones hidrológicas pertenecientes a la región administrativa IV Balsas. Informe Final y Anexos. México, 185 pp.
- 1999. Diagnóstico de la Región IV Balsas. Dirección General de Planeación Hidráulica. 52 pp. + anexos + planos.
- 1999. Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2025 de la Región IV Balsas. Documento de divulgación e informe final. Gerencia Regional Balsas. Servicio de Ingeniería e Informática, México.

- 1996. Programa hidráulico estatal 1995-2000 de Chiapas. Inédito, México.
- CONABIO 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. CONABIO, México.
- 1997. Regiones prioritarias para la conservación. [www.conabio.gob.mx/datos/rpcm](http://www.conabio.gob.mx/datos/rpcm).
- Costanza, R. 1997. The ecological, economic and social importance of coastal and marine systems” En: *With Rivers to the Sea. Interaction of Land Activities, Fresh Water and Enclosed Coastal Seas. Proceedings Stockholm Water Symposium/EMECS*. Estocolmo, 10-15 de agosto, pp: 237-252.
- (ed.) 1991. *Ecological economics: the science and management of sustainability*. Columbia University Press, New York.
- Costanza, R., R. d’Arge, R. De Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, S. Naeem, K. Limburg, J. Paruelo, R.V. O’Neill, R. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt 1997. The value of world’s ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Challenger, A. (con la colaboración de J. Caballero) 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto de Biología-UNAM y Agrupación Sierra Madre, México, 813 pp.
- Dirzo, R. 1992. Diversidad florística y estado de conservación de las selvas tropicales de México. En : J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.). *México ante los retos de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-290.
- 1991. La vegetación: exhuberancia milenaria. En: UNAM (ed): *Lacandonia: el último refugio*. UNAM-Sierra Madre, pp. 52-71.
- Ecological Economics 1998. Forum on Valuation of Ecosystem Services. Special Section. *Ecological Economics* 25: 2-72.
- Flores-Villela, O. 1998. La herpetofauna de México: distribución y endemismo. En: T.R. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J.Fa. (comps).

- Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución. Instituto de Biología de la UNAM, México, pp. 253-280.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO-UNAM, México.
- Flores-Verdugo, F. J. 1989. Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. En: J. de la Rosa y F. González Farías (eds.). Temas de oceanografía biológica en México. Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México, pp. 21-56.
- Folke, C. 1997. Linking water flows and ecosystem services: A conceptual framework for improved environmental management. En: With Rivers to the Sea. Interaction of Land Activities, Fresh Water and Enclosed Coastal Seas. Proceedings Stockholm Water Symposium/EMECS. Estocolmo, 10-15 de agosto, pp. 261-277.
- Gutiérrez-Estrada, M. 1990. Morfología del delta submarino del río Balsas, Michoacán, México. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias del Mar (especialidad en Oceanografía Geológica). UNAM. 215p.
- 1971. Fisiografía y sedimentología del delta del río Balsas, Michoacán, México. Instituto de Geología de la UNAM. Boletín 93. México, 58 pp.
- Inman, D.L. y C.E. Nordstrom, 1971. On the Tectonic and Morphologic Clasification of Coasts . J. of Geo. 79(1).
- Instituto de Geografía-UNAM, SEMARNAP 1996.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 2000.
- 1996. Cuaderno de información oportuna regional. Número 49. Tercer trimestre. INEGI, México.
- Lazcano-Barrero, Ma. A., I.J. March y M.A. Vásquez-Sánchez 1992. Importancia y situación actual de la selva Lacandona: perspectivas para su conservación. En: M.A. Vásquez-Sánchez y M.A. Ramos (eds.). Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación. Pub. Esp. Ecosfera 1: 393-437.

- LOICZ-IGBP (Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone-International Geosphere-Biosphere Programme) 1994. Implementation Plan. Report No. 33. Global Change, Estocolomo, Suecia, 215 pp.
- Lot, A. y A. Novelo 1988. El pantano de Tabasco y Campeche: la reserva más importante de plantas acuáticas de Mesoamérica. En : Ecología y conservación del delta de los ríos Usumacinta y Grijalva. Memorias. INIREB-Tabasco. Gob. del Edo. de Tabasco. México, pp. 537-547.
- Lugo, H. 1985. Morfoestructuras del fondo oceánico mexicano. Boletín del Instituto de Geografía 15: 9-39. UNAM, México.
- Lugo, 1986. Las estructuras mayores del relieve terrestre. Facultad de Ingeniería. UNAM, México, 133 pp.
- Matheny 1978. Northern Maya Lowland Water-Control Systems En: P.D. Harrison y B.L. Turner II (eds.). Pre-Hispanic Maya Agriculture. University of New Mexico Press, Albuquerque, pp. 185-223.
- Matsui, S. y M. Falkenmak 1997. Environmental impact assessment and valuation of ecological services . En: With Rivers to the Sea. Interaction of Land Activities, Fresh Water and Enclosed Coastal Seas. Proceedings Stockholm Water Symposium/EMECS. Estocolomo, 10-15 de agosto, pp. 235-236.
- Meave, J. 1983. Estructura y composición de la selva alta perennifolia de Bonampak, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM, México.
- Miller, R. 1986. Geographical distribution of Central America freshwater fishes. Copeia 4: 773-802.
- Miranda, F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México. V: Rasgos de la vegetación en la cuenca del río Balsas. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 8: 95-114, México.
- Moody, C.L. 1967. Gulf of Mexico distributive province. Am. Assoc. Pet. Geo. Bull., 51:179-199.
- Nixon, K. C. 1998. The Genus Quercus in Mexico. En: T.R: Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.), pp. 447-458.

- Novelo, A. y A. Lot 1988. Importancia de la vegetación acuática en los ecosistemas naturales En: Ecología y conservación del delta de los ríos Usumacinta y Grijalva. Memorias. INIREB-Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco, México, pp. 5-9.
- Ortiz-Perez, M.A. 1988. Evidencias de cambios geomorfológicos del sistema litoral mediante análisis de imágenes aéreas. En: Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva. Memorias. INIREB-Tabasco. Gob. del Edo. de Tabasco, México, pp. 43-54.
- Paucic, A.W. 1980. Geografía general del estado de Guerrero. Gobierno del Estado de Guerrero. FONAPAS/Guerrero, México. 326 pp.
- Petts, G.E. y C. Amoros 1996. Fluvial hydrosystems. Chapman & Hall. Londres, 306 pp.
- Petts, G.E. y J.P. Bravard 1996. A drainage basin perspective. En: G.E. Petts y C. Amoros. Fluvial hydrosystems. Chapman & Hall. Londres, pp: 13-36.
- Polis, G.A. 1996. Linking marine and terrestrial food webs: Alloctomus inputs from the ocean supports high secondary productivity on small islands and scoastal land communities. American naturalist 147: 396-423.
- Polis, G.A., W.B. Anderson y R.D. Holt 1997. Towards an integration of lanscape and food web ecology: the dinamics of spatially subsidized food webs. Annual Reiew of Ecology and Sistematics 28: 289-316.
- Polis, G.A., R.D. Holt, B.A. Menge y K.O. Winemiller 1995. Time, space, and life history: influences of food web. En: G.A. Polis y K.O. Wimemiller (editores). Food Webs: integration of patterns and dinamics. Chapman & Hall, New York, Pp. 435-460.
- PROFEPA-SISSA. 1994. Estudio de evaluación de daños al ambiente en la región de Lázaro Cárdenas, Mich. Informe básico realizado por Sissa (Sistema de Ingeniería Sanitaria, S.A. de C.V.) para la Profepa, Subprocuraduría de Auditoria Ambiental. Unidad de Operación. México. 244 pp.



- Ramamoorthy, T.R., R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología de la UNAM, México.
- Ray, C.G. 1991. Coastal-zone biodiversity patterns. *Bioscience* 41(7):490-498.
- Reyes García, A. y M. Sousa 1997. Listados florísticos de México: XVII. Depresión Central de Chiapas, la selva baja caducifolia. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Rzedowski, J. 1986. *Vegetación de México*. Limusa, México, 432 pp.
- SARH. 1931-1970. Boletines hidrológicos 1931-1970. SARH. México.
- Sarukhán, J. y J.M. Mass 1990. Bases ecológicas para el manejo sostenido de los ecosistemas: el sistema de cuencas hidrológicas. En: E. Leff (coord.). *Medio ambiente y desarrollo en México*. 2 vols. UNAM-CIIH. Porrúa, México, pp. 81-114.
- SEMARNAP-INE (Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca-Instituto Nacional de Ecología) 1997. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y fauna Laguna de Términos. México, INE, 167 pp.
- Soberón-Chávez, G. y A. Yáñez-Arancibia 1985. "Control ecológico de los peces demersales: Variabilidad ambiental de la zona costera y su influencia en la producción natural de los recursos pesqueros" Cap. 9: 339-486. En: Yáñez-Arancibia, A. (editor).
- Schumm, S.A. 1977. *The Fluvial System*. Wiley-Interscience, E.U.A., 338p.
- Schumm, S. A, M.P. Mosley y W.E. Weaver 1987. *Experimental fluvial Geomorphology*. John Wiley & Sons, E.U.A., 402 p.
- Styles, B. 1998. El género *Pinus*: su panorama en México. En : En: T.R: Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.), pp. 385-408.
- Tamayo, J. 1949. *Geografía general de México*. Tomos I y II. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas. Trillas, México.
- Toledo, C. A. 1982. *El género *Bursera* en Guerrero*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 182 pp.
- Toledo, V.M. 1990. *El proceso de ganaderización y la destrucción ecológica de México*" En: E. Leff (Coord): *Medio ambiente y desarrollo en México*.

- 2 vols. UNAM-CIIH, Porrúa, México, pp. 191-228.
- 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo. 81 año XIV, julio-agosto: 17-30.
- Toledo, V.M. y Ma. de J. Ordóñez 1998. El escenario de la biodiversidad de México: una revisión de los habitats terrestres. En: T.R. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (comps.), pp. 757-777.
- Turner, B.L. y G.L. Nesom 1998. Biogeography, Diversity, and Endangered or Threatened Status of Mexican Asteraceae. En: T.R. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.), pp. 559-576.
- Wendt, T. 1998. Composition, Floristic Affinities, and Origins of the Canopy Tree Flora of Mexican Atlantic Slope Rain Forests. En: T.R. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.), pp. 595-680.
- West, R.C., N.P. Suty y B.G. Thom 1976. Las tierras bajas de Tabasco en el sureste de México. Gob. Edo. Tabasco, México, 199 pp.
- Wiley, R.G. 1978. Pre-Hispanic Maya Agriculture: A Contemporary Summation. En: P.D. Harrison y B.L. Turner II (eds.). Pre-Hispanic Maya Agriculture. University of New Mexico Press, Albuquerque. E.U.A., pp. 325-372.
- Wilson, M.F., S.M. Gende y B.H. Marston 1998. Fishes and the forest. *Bioscience* 48 (6): 455-462.
- Wisman, F.M. 1978. Agricultural and Historical Ecology of the Maya Lowlands. En: P.D. Harrison y B.L. Turner II (eds.). Pre-Hispanic Maya Agriculture. University of New Mexico Press, Albuquerque. E.U.A., pp: 63- 115.
- Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil y R. Rodríguez 1985. Distribución y abundancia de las especies dominantes en las poblaciones de peces demersales de la Plataforma Continental Mexicana del Golfo de México. En: Yáñez-Arancibia, A. (editor), pp. 315-398.
- Yáñez-Arancibia, A. (editor) 1985. Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Programa Universitario de Alimentos. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de la Pesca, UNAM, México.



## ÍNDICE ANALÍTICO

---

- Acapulco, fosa de, 53
- acuacultura, 84
- Agavaceae, familia, 66
- aguas azules, 11, 27-28, 43, 72-87, 94
- aguas superficiales, 44, 70
- aguas verdes, 11, 12, 29-44, 72-87
- y almacenamiento de energía, 29-44
- Ajuchitán, río, 62
- Alto Atoyac, 59, 75
- marginalidad, 51
- Alto Balsas, 55, 56, 60, 61, 62, 76, 77, 81, 82, 84
- contaminación, 86
- estructura administrativa y poblacional, 56
- población, 55
- Alto Balsas, 55, 59, 64
- Alto Grijalva, 23, 27, 96
- biodiversidad, 30-31
- crecimiento poblacional, 40
- selvas tropicales caducifolias, 30
- Alto Grijalva-Usumacinta, especies en peligro de extinción (véase.../ref cruzada)
- masas forestales, 29-30
- riqueza biológica, 30
- Alto Usumacinta, 28, 96
- Altos de Chiapas, 24, 26
- Amacuzac, río, 59, 62
- ambientes marinos y costeros, 8-10, 13
- diversidad, 10
- americana (placa), 53
- Amuco, río, 62
- Amuco-Cutzamala, 77, 79
- Angostura, La, 27, 37, 41
- Apatzingán, valle de, 58
- Asteraceae, familia, 66
- Atoyac, río, 59, 61
- Atoyac-Zahuapan (distrito de riego), 79
- Aves acuáticas, anidación de, 32
- Bajo Atoyac, 59
- marginalidad, 57,
- nivel de instrucción, 47
- Bajo Balsas, 55, 59, 60, 61, 62, 63,

- 64, 76, 77, 81, 97  
estructura administrativa y  
poblacional, 56  
Bajo Grijalva, 21, 27, 81, 82, 84
- crecimiento poblacional, 40
- Balsas, cuenca del, 53, 55, 58, 59,  
66  
aguas superficiales, 59, 73  
aguas verdes y azules, 72-87, 94
- aves, 72  
balances geohidrológicos, 81-82
- calidad del agua, 85-87, 96-97
- centrales hidroeléctricas, 78
- centros urbanos, 87  
climas predominantes, 61
- conocimiento tradicional, 88  
consumo de agua, 76-77, 82, 85  
industrial, 83-84  
y desechos, 83-84  
deforestación, 65, 72-73, 88, 92-93
- distritos de riego, 77, 79  
erosión, 93  
evaporación, 60  
evaporación, 73  
generación de energía, 75-76  
pinos y encinos, 65, 66, 67
- plantas de tratamiento, 83, 84
- población, 55, 82, 87, 95
- precipitación anual, 58, 60
- presas, 76-77, 95  
acuacultura, 84,  
azolvamiento, 77, 80, 95  
vida útil, 77  
provincias fisiogeográficas, 57
- sistemas tradicionales de cultivo,  
88  
temperatura, 60  
usos del suelo, 73, 74  
vegetación, 74  
vertebrados, 67, 68  
y aves, 68  
y selvas tropicales, 68
- Balsas, río, 13, 14, 53, 54, 58, 66,  
67  
delta del río Balsas, 68-72  
importancia para el sistema  
fluvial, 69  
contaminación del agua, 86-87  
desequilibrios por presas, 80-81
- riqueza ictiológica, 70-72
- topografía, 69  
y especies amenazadas, 71-72
- Barra de Frontera, 28  
Barra de San Pedro, 28  
Boca de Burras (estero), 71, 72  
Boca del Cerro, 28  
Bombana, presa, 41  
Bursera, 66
- Cactus, 39

- Caimanera, La (estación hidrométrica), 62  
 calidad del agua, índices de, 44  
 Californiana, provincia biótica, 55  
 Campeche, 21, 31, 32, 37  
 campos elevados, 20  
 Cancita, río, 63  
 Caracol (presa), 78  
 Cárdenas (ciudad), 40, 46  
 Cayacal, isla del, 81  
 Cayo Arcas, 39  
 Cerrada Paracho-Nahuatzen, 59  
 Cerradas orientales, 59  
 Chakchiqueles, 21  
 Chiapas, 22, 23, 26, 29, 35, 39  
 ganaderización, 35  
 Chila, río, 63  
 Chilapa, río, 27  
 Chilapilla, río, 27  
 Chilesdo (presa), 85  
 chinantecos, 21  
 Chixoy, río, 28  
 choles, 21  
 chontales de Tabasco, 21  
 Chontalpa, 26 Plan, 41  
 ciclo del agua, 25  
 cinturón genético, 17  
 Cinturón volcánico transmexicano, 93  
 Ciudad Altamirano, 62  
 Ciudad de México, 85  
 Ciudad del Carmen, 40, 98  
 Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, 83  
 Ciudad Lázaro Cárdenas, 76, 83  
 Coatzacoalcos, 39  
 Cobano (presa), 78  
 cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), 30  
 cocodrilo de pantano, (*Crocodylus moreletii*), 30  
 Cocos (playa), 53  
 Cocula, río, 62  
 Coicoyán, sierra de, 62  
 Cojumatlán de Regules, Mich., 63  
 Colorines (presa), 85  
 Comisión Nacional de las Zonas Áridas (Conaza), 93  
 Comitán, 23  
 complejos petroleros, 39  
 Cuenca alta, 7, 10  
 bosques de las, 13  
 producción prehispánica de alimentos, 20  
 Cuenca Girjalva-Chixoy, 27  
 Cuenca Girjalva-Lacantún, 27  
 Cuenca Girjalva-Villahermosa, 27  
 Cuenca Grijalva-Tyxtla Gutiérrez, 27  
 Cuenca Grijalva-Usumacinta, 27  
 Cuencas de drenaje, 27  
 Cuencas hidrológicas, 11  
 cambio de paradigma, 11  
 y científicos naturales, 11  
 y científicos sociales, 11  
 y servicios ambientales, 12  
 cultivos, sistemas tradicionales, 88  
 Cuirio, río, 62  
 Cuixtepeques, 23  
 cultivos de plantación, 36

- limitaciones, 36
- y globalización, 36-37
- Cupatitzio, 59, 63, 64, 76, 78
- Cutzamala, río, 59, 62
- Cutzamala, sistema, 75
  
- De la Pasión, río, 28
- De la Tierra, río, 27
- Del oro, río, 63
- Del Bosque (presa), 77
- Depresión Central de Chiapas, 24
- distrito de riego, 42 (ampliar más)
- distritos de drenaje, 41
- distritos de temporal, 40, 41, 42
- Dos Bocas, 39
  
- ecosistemas, 10, 11, 12
- funciones, 12
- servicios, 12
  - terrestres, 12
- Eje neovolcánico, 68
- El Bosque (presa), 85
- El Manglito, laguna, 69
- especies amenazadas, 71
- Estado de México, 55
  
- Faja volcánica transamericana, 56, 65, 66
- Frontera, 28
  
- Gasolino, laguna, 69, 71, 72
- Golfo de México, 13, 17, 23, 28, 34, 40
- humedales, 31
- ivernación de aves, 32
- llanura costera, 25
- pesquerías, 34
- provincia florística, 30
  
- sistemas lagunares, 32
- gradientes
  - climáticos, 8
  - fisicoquímicos, 8
  - y ecosistemas, 8-9
- Grande, río, 27, 62
- Grijalva, 27, 28, 40
- agua azul, usos, 43
- aguas superficiales, 41
- bosques de coníferas, 29
- calidad del agua, 44-46
- crecimiento demográfico, 46-47
  
- demanda bioquímica de oxígeno, 44
  - desequilibrios, 37
  - industria petrolera, 39, 45
  - industrias alimenticias, 45
- infraestructura de tratamiento, 40, 45
  - infraestructura hidráulica, 40, 42
  - problemas críticos, 41
- ingenios azucareros, 45
  
- llanura deltaica, 31
- colonias de anidación, 32
  
- desarrollo agropecuario, 35, 36
- marginalidad, 46, 51
- nivel de instrucción, 47, 48-50
- pesquerías, reducción de, 38
- población indígena, 50

- población y servicios, 46,
- 47, 48
  - urbano y rural, 47-
- 49, 51
  - presas, 37
  - sólidos suspendidos
- totales, 44
  - variedades de pino, 29
- y modos de vida, 39
  - y sistema ecológico, 39
- sistema de comunicación, 39-40
- contaminación, 40
- Grijalva-Usumacinta, 13, 14, 17, 18, 21, 28, 33, 34
  - aguas azules, 94
  - asentamientos humanos,
- 20
  - biodiversidad, 17, 19, 34
- 18
  - capacidad de recuperación,
- ciclo hidrológico, 19
- ciclo hidrológico, 25-26
- crecimiento urbano, 26
- cuencas, 27
- delta, 31
- erosión, 93-94
- extensión, 22
- factores ambientales
- críticos, 18
  - fisiografía, 22
  - formación de tierras
- aluviales, 25
  - funciones ecológicas, 18
- habitantes, 22
- humedales de Tabasco, 35
- localización, 21
- manglar, 17
- montañas, 27
- pobreza y marginalidad,
- 98
  - productividad, 31
  - provincias fisiográficas, 24
- servicios ambientales, 18,
- 29
  - Ver también Alto Grijalva
- Guerrero, 55, 58, 62
- hidrocarburos, 40
- hidrosistema, 10
- Huautla, río, 62
- Huehuetenango, 27
- Huetamo, 63
- Humedales, 40
- Iguala, río, 62
- industria petrolera, 39
- Infiernillo, El (cañón), 58
- Infiernillo, El (presa), 63, 65, 75, 76, 78, 80, 84
- infraestructura hidráulica, 40
- Ixtapan del Oro (presa), 85
- Ixtapantongo (presa), 78
- Jacaltecos, 21
- Jalisco, 55
- Jaribú, 32
- Jonuta, 28
- José Ma. Morelos (presa), 64



- Juntas, Las, río, 64
- Kanjobales, 21
- Lacandonia, 23, 24. Véase Selva Lacandona
- Lacantón, río, 28
- Lacantón-Chixoy, 46
- Laguina de Chiltepec, 32
- Laguna de Atasta, 33
- Laguna de Pom, 33
- Laguna de Términos, 20, 32, 33
- contaminación por hidrocarburos, 40
  - diversidad florística, 33
  - especies en riesgo, 33
  - especies en riesgo, 33
  - riqueza íctica, 33
- Laguna del Carmen, 32
- Laguna del Rosario, 32
- Laguna Julivá-Santa Anita, 32
- Laguna Mecoacán, 32
- Lagunas costeras, 40
- Lázaro Cárdenas, 77, 79
- Lerma-Chapala-Santiago, 13
- Litoral costero, 8, 10
- llanura costera del Golfo, 25
- llanuras y pantanos tabasqueños, 24
- macizo granítico y cristalino de Chiapas, 23
- Malinaltepec, sierra de, 62
- Malpaso, 26, 37, 41, 59
- mames, 21
- manglares, 40
- Margaritas-Comitán, 41
- Marqués, El, río, 64
- mayas, 21
- Medio Balsas, 55, 59, 60, 61, 62, 64, 76, 77, 81, 82, 84, 86, 97
- estructura administrativa y poblacional, 56
  - degradación de sus cuerpos de agua, 86
- Mesoamérica, 13, 17
- riquezas naturales, 13, 17
  - relaciones sociales, 14
  - modificaciones de sus paisajes, 13
- Mesozoico, 23
- Mezcalapa, 27
- Michoacán, 55
- Minatitlán, 39
- Misissippi, 27
- Mixteca, la, 83, 98
- indígenas de, 88
- Mixteco, río, 59, 60
- Mixtepec, río, 61
- Morelia, 63
- Morelos, Estado de (distrito de riego), 55, 77, 79
- Morelos, Jose Ma. (distrito de riego), 79
- nahuas, 21, 88
- Necesidad, La (cañón), 54
- Necesidad, La (laguna), 69
- Nexapa, 59
- Oaxaca, 55, 56, 57, 58, 59, 62
- Olla de Chontalpa, 26

- Palma, La, 63
- pantanos, conservación de, 20
- Pemex, 40 derrames, 45-46
- Peñitas (presa), 37, 41
- Perdido, El (cerro), 63
- pesca
- y descargas de ríos, 32
- y vegetación costera, 34
- Petacalco, fosa de, 53, 70
- Petacalco, laguna de, 69
- Pichucalco (o Ixtacomitán), 27
- pinos y encinos, 64, 65, 67
- Pinzadarán, 63
- placas, 53
- planicies costeras, 7
- de inundación, 39, 40
- plantaciones, 36
- plantas hidroeléctricas, 41
- plataformas continentales
- carbonatadas, 17, 33
- población indígena y
- modernización, 51
- Poliuta, río, 62
- presas, 36, 37, 41, 77 vida útil, 77
- procesos fisiográficos, 8
- Procuraduría Federal de
- Protección al Ambiente (Profepa),
- 86
- provincias bióticas, 55, 56
- Pucuató (presa), 77
- Puebla, 59, 83
- Punta Maldonado, 53
- Quitupan, río, 63
- Quitupan (distrito de riego), 79
- región hidrológica, 7, 12
- zonas de importancia ecológica, 7
- zonas de importancia social, 7
- procesos reguladores, 8
- ecotonos, 8
- gradientes, 8
- interacciones, 10
- y flujo fisicoquímico, 12
- prioritarias, 14
- región marina, 8, 55
- Roza-tumbra y quema, 20
- Sabinal, río, 4
- Salinas, río, 28
- Salado, río, 61
- Salitre, El, 63
- Salvia, 66
- San Antonio, 63
- San Cristóbal de las Casas, 46
- San Lucas, río, 63
- San Pablo, río, 28
- contaminación del, 44
- San Pedro, río, 28
- contaminación del, 44
- Santa Bárbara (presa), 78
- Schpoina (presa), 41
- Selva Lacandona, 26, 29
- selvas altas, 39
- selvas bajas, 13, 35
- selvas tropicales, 30, 67
- regeneración, 20
- serranías meridionales, 65
- servicios ecológicos (o
- ambientales), 12, 91-93
- Sierra, La (distrito de temporal),

- 40  
 Sierra del Soconusco, 27  
 Sierra Lacandona, 23, 24, 25, 26, 30  
 Sierra Madre de Chiapas, 23, 25, 26, 28,  
 Sierra Madre del Sur, 23, 24, 53, 56, 57, 62, 64, 65, 66, 68  
 Sierra Norte de Chiapas, 23, 24  
 Sierra Norte de Oaxaca, 56  
 Sierras bajas del Petén, 23, 24  
 sistemas continentales, 13  
 sistemas de manejo del agua, 20  
 sociedades hidráulicas, 20  
 sólidos suspendidos totales. Ver Grijalva-Usumacinta.  
 Sonda de Campeche, 33-34, 40  
 plataforma carbonatada, 33  
 pesquerías, 34  
 Sumidero, El, 27
- Tabasco, 22, 23, 26, 27, 31, 32, 35, 39, 93  
 Tacámbaro, río, 59, 63, 76  
 Taretio, cerro, 63  
 Taximaroa, río, 62  
 Tenosique, 28  
 Tepalcatepec, río, 59, 63, 76  
 Tepecoacuilco, río, 62, 77  
 Tepecoacuilco-Quechultenango (distrito de riego), 79  
 Tepetitlán, río, 27  
 Terrazas, 20  
 Tetela, río, 62  
 Texcolo (presa), 78  
 Tinaja, La, cerro de, 63  
 Tinganbato (presa), 78  
 Tlapaneco, río, 55, 59, 62
- Tlaxcala, 55, 59, 83  
 Tlaxiaco, Santa María La Asunción, 61  
 Tlaxiaco, río, 61  
 tojolabales, 21  
 tortuga blanca dulceacuícola (*Dermatemys mawii*), 30  
 Tres Brazos, 28  
 Trinchera mesoamericana, 53, 54  
 trópico, colonización del, 35  
 Tulijá, río, 27  
 Turicato, cerro, 63  
 Turundeo, río, 62  
 Tuxpan, río, 62  
 Tuxpan (distrito de riego), 79  
 Tuxpan (presa), 85  
 Tuxtla Gutiérrez, 46, 98  
 Tzeltales, 21  
 Tzotziles, 21
- tnidades de producción rural de riego, 41  
 Uruapan, 64  
 Usumacinta, 26, 27, 28, 37, 40
- crecimiento poblacional, 40  
 derrames de Pemex, 45-46  
 marginalidad, 51
- Valsequillo (distrito de riego), 79  
 Valle de Bravo, (presa), 85  
 Valles centrales, 26  
 Vicente Guerrero (presa), 86, 97  
 Villahermosa, 27, 28, 40, 46, 98  
 Villa Victoria (presa), 85  
 Villita, La (presa), 64, 76, 78, 80, 84  
 Virgen, La, 63

zapotecos, 21  
Zinacantán, 23  
Zitacuaro, río, 62  
zona costera, 7  
zona de almacenamiento, 7  
zona de transferencia, 7  
zona intermareal, 7  
zona marina, 7-8  
zoques, 21

Las cuencas de los ríos  
Usumacinta-Grijalva y Balsas  
de Alejandro Toledo  
se terminó de imprimir  
en el mes de .... de 2003  
en los talleres gráficos  
de la empresa....

Se tiraron 1,000 ejemplares  
más sobrantes para reposición.