

SERIE MEDIO AMBIENTE EN COATZACOALCOS

VOLUMEN XV

ENERGIA, AMBIENTE Y DESARROLLO

**Responsable del Estudio:**

**Alejandro Toledo**

**Con la colaboración de:**

**Alfonso V. Botello**

**Miguel Cházaro**

**Mónica Herzig**

**Lorenzo Bozada**

**Margarito Páez**

**Armando Báez**

**Francisco Contreras**

**Héctor Rodríguez**

**Biol Margarito Páez**

CENTRO DE ECODESARROLLO

## TITULOS DE ESTA SERIE

- VOL. I. La contaminación: el problema crucial.
- VOL. II. La calidad del aire.
- VOL. III. Petróleo y manglar.
- VOL. IV. Las aves
- VOL. V. La riqueza del pantano
- [VOL. VI.](#) La vegetación.
- VOL. VII. La fauna acuática del río Tonalá.
- VOL. VIII. La fauna acuática del río Coatzacoalcos.
- VOL. IX. La fauna acuática de la Laguna del Ostión.
- VOL. X. El langostino: un alimento en peligro
- VOL. XI. Otros recursos alimenticios.
- VOL. XII. El pantano: una riqueza que se destruye.
- VOL. XIII. El niño y el medio ambiente.
- VOL. XIV. La fauna acuática del litoral.
- VOL. XV. Energía, ambiente y desarrollo

SERIE MEDIO AMBIENTE EN COA TZACOALCOS

ENERGIA, AMBIENTE Y DESARROLLO

CENTRO DE ECODESARROLLO

**Primera edición, 1988**

**Portada: Viviana Rojas**

**© 1988 Centro de Ecodesarrollo.  
Altadena 8, México, 03810, D.F.**

**IMPRESO EN MEXICO**

PROYECTO GENERAL:

**EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES  
Y SOCIALES DE LA INDUSTRIA PETROLERA  
EN EL SURESTE Y GOLFO DE MEXICO.**

ESTUDIO:

**PETROLEO Y MEDIO AMBIENTE EN LA REGION  
DE LOS RIOS COATZACOALCOS Y TONALA.**

Director:	<i>Alejandro Toledo</i>
Coordinador:	<i>Francisco Morosini</i>
Responsable de Area:	
Evaluación Geoquímica:	<i>Alfonso Vázquez Botelo</i>
Evaluación Atmosférica:	<i>Armando Báez</i>
Estudios de ambientes críticos	<i>Francisco Contreras Margarita Gallegos</i>
Las aves:	<i>Mónica Herzig</i>
La fauna acuática:	<i>Lorenzo Bozada Margarito Páez</i>
La vegetación:	<i>Miguel Cházaro</i>
Apoyos en trabajos de campo:	<i>Elpidio Toledo</i>
Apoyo bibliográfico:	<i>Margarita Escobedo Elizabeth Garibay</i>
Composición y organización del material:	<i>Nicolás Flores Alicia Pichardo Ma. de la Paz Pizaño</i>
Dibujo:	<i>Alfredo Legorreta</i>
Mecanografía:	<i>Esthela Espinoza Martha Rosas</i>
Estilo:	<i>Nelly Keoseyan</i>



*A Gabriela y Francisco,  
con la esperanza de que su generación  
sea menos insensata que la nuestra.*



*"... Pero lo más peligroso no es la corrupción sino las tentaciones faraónicas de la alta burocracia, contagiada de la manía planificadora de nuestro siglo. "*

**Octavio Paz. *El Ogro Filantrópico.***

*'... Hoy, como nunca, necesitamos de una multiplicidad de visiones, de sueños y de profecías: imágenes de mañanas potenciales. Antes de que podamos decidir racionalmente qué caminos alternativos debemos escoger, qué estilos culturales debemos perseguir, hemos de asegurarnos de cuáles de ellos son posibles. "*

**Alvin Toffler. *El "Shock" del Futuro.***

*'...Lo que anima esta investigación, es el horror del pensamiento mutilado y mutilante, es el rechazo del conocimiento atomizado, parcelario y reductor, es la reivindicación vital del derecho a la reflexión. "*

**Edgar Morin. *La Méthode.* La vie [de la](#) vie.**



# INDICE

<i>PROLOGO</i>	17
<b>PRESENTACION</b>	<b>21</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>23</b>
<b>PRIMERA PARTE</b>	
<b>LA REGION DEL RIO COATZACOALCOS</b>	<b>53</b>
<b>1. EL MEDIO FISICO</b>	<b>55</b>
<b>1. Los sistemas acuáticos</b>	
<i>Río Coatzacoalcos</i>	<b>58</b>
<i>Río Tonalá</i>	<b>59</b>
<i>Laguna del Ostión</i>	<b>60</b>
<b>2. La climatología</b>	<b>62</b>
<b>3. Los parámetros hidrológicos</b>	
<i>Río Coatzacoalcos</i>	
<i>Río Tonalá</i>	<b>65</b>
<i>Laguna del Ostión</i>	<b>67</b>
<b>II. EL MEDIO AMBIENTE SOCIAL</b>	<b>69</b>
<b>1. La organización del complejo portuario-industrial CMC</b>	
<i>La primera fase: el modelo monoexportador en poder de las sociedades petroleras multinacionales</i>	
<i>La segunda fase: el capital monopolista de Estado (PEMEX)</i>	<b>75</b>
<i>La tercera fase: un caso límite de concentración del capital y medios de producción</i>	<b>77</b>

2.	<i>El complejo portuario-industrial CMC: un nudo de contradicciones</i>	81
	<i>La contradicción entre las actividades industriales y el medio ambiente</i>	
	<i>La contradicción entre las necesidades sociales y los medios de consumo colectivos</i>	84
	<i>Las contradicciones del escenario político regional</i>	87

<b>SEGUNDA PARTE</b>		
<b>LOS RECURSOS BIOTICOS</b>		<b>101</b>
1.	<b>LA VEGETACION</b>	<b>103</b>
	<b>1. Las principales asociaciones vegetales</b>	
	<i>Consideraciones principales</i>	<b>124</b>
II.	<b>LA FAUNA</b>	<b>131</b>
	<b>1. La fauna acuática</b>	
	<i>La micro fauna</i>	
	<i>La macro fauna</i>	<b>137</b>
	<i>Consideraciones principales</i>	<b>145</b>
	<b>2. La avifauna</b>	<b>169</b>
	<i>Avifauna de la región de Coatzacoalcos</i>	
	<i>Familias migratorias</i>	<b>187</b>
	<i>Especies migratorias en los ambientes muestreados</i>	<b>190</b>
	<i>Especies migratorias vulnerables</i>	<b>193</b>
	<i>Distribución de la avifauna por ambientes</i>	<b>195</b>
	<i>Consideraciones principales</i>	<b>220</b>

<b>TERCERA PARTE</b>	
<b>LOS IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS</b>	<b>225</b>
<b>I. LAS BACTERIAS PATOGENAS</b>	<b>227</b>
1. <i>Microorganismos</i>	
2. <i>Esteroles</i>	<b>231</b>
<i>Consideraciones principales</i>	
<b>II. METALES PESADOS</b>	<b>241</b>
1. <i>Toxicidad</i>	
2. <i>Concentraciones en sedimentos y organismos</i>	<b>245</b>
3. <i>Las concentraciones en los sedimentos</i>	<b>246</b>
4. <i>Las concentraciones en los organismos</i>	<b>253</b>
<i>Consideraciones principales</i>	<b>261</b>
<b>III. HIDROCARBUROS FOSILES</b>	<b>263</b>
1. <i>Los sedimentos como dispositivos de vigilancia de la contaminación</i>	<b>264</b>
<i>Composición isotópica del carbono</i>	<b>268</b>
<i>Composición isotópica del nitrógeno</i>	<b>270</b>
2. <i>Hidrocarburos en los sedimentos</i>	
<i>Laguna del Ostión, río Coatzacoalcos y río Tonalá</i>	
3. <i>Río Calzadas y la planicie de inundación</i>	<b>276</b>
4. <i>Hidrocarburos en los organismos</i>	<b>291</b>

<b>5. Composición isotópica del carbono y el nitrógeno</b>	<b>299</b>
<i>El carbono</i>	
<i>El nitrógeno</i>	<b>303</b>
<b>6. Breas y alquitranes en playas de Coatzacoalcos y Tonalá</b>	<b>304</b>
<b>7. Hidrocarburos en el manglar</b>	<b>305</b>
<i>Crometrogramas</i>	<b>311</b>
<i>Consideraciones principales</i>	<b>313</b>
<b>IV. PLAGUICIDAS</b>	<b>315</b>
1. <i>Plaguicidas en sedimentos</i>	
2. <i>Plaguicidas en organismos</i>	<b>324</b>
<b>V. FENOLES Y DETERGENTES</b>	<b>329</b>
1. <i>Fenoles y detergentes en el río Calzadas</i>	<b>331</b>
<b>VI. LLUVIAS ACIDAS</b>	<b>335</b>
1. <i>La calidad de/ aire</i>	
2. <i>Resultados</i>	
3. <b>Aire</b>	
4. <b>Precipitación pluvial</b>	<b>336</b>
5. <i>Formaldehído en aire y en agua de lluvia</i>	<b>338</b>
6. <b>Discusión</b>	<b>339</b>
<i>Consideraciones principales</i>	<b>341</b>

CUARTA PARTE	
HACIA UN SISTEMA DE PLANIFICACION BASADO EN LA CALIDAD FLUVIAL	343
1. LAS MEDIDAS DE MANEJO	349
1. <b>Las prioridades en torno a los recursos bióticos</b>	350
<i>La vegetación</i>	
<i>La fauna acuática</i>	
<i>La avifauna</i>	351
2. <b>Las prioridades en torno al control de las     actividades humanas</b>	352
<i>La contaminación bacteriana</i>	
<i>Los metales pesados</i>	
<i>Los hidrocarburos</i>	354
<i>Los plaguicidas y fertilizantes</i>	358
<i>Las lluvias ácidas</i>	
II. LAS ESTRATEGIAS	359
BIBLIOGRAFIA	363



## PROLOGO

Con el patrocinio del Ayuntamiento Constitucional de Coatzacoalcos y el Patronato de la Universidad Veracruzana en dicha ciudad, el Centro de Ecodesarrollo ofrece esta serie de 15 publicaciones que dan cuenta de importantes trabajos de investigación realizados en los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, así como en sus áreas de influencia.

Polo industrial ligado a la explotación, la transformación y el transporte de los hidrocarburos prácticamente desde los inicios de la historia moderna del petróleo en México, esta amplia región ofreció a diversas instituciones e investigadores, las condiciones ideales para reflexionar sobre las significaciones más profundas y duraderas de los impactos ecológicos, sociales y políticos ocasionados por el proceso de transformación que sufren los ambientes naturales y la sociedad que habita las áreas petroleras. Todo ello, bajo la influencia de los rígidos sistemas tecnológicos que caracterizan al sistema energético de los hidrocarburos. Los estudios que ahora se divulgan brindan precisamente un panorama global de estos problemas.

La serie es el producto de un ambicioso trabajo que reunió bajo la coordinación del Centro de Ecodesarrollo a un grupo de investigadores que laboran en prestigias instituciones mexicanas. Por varias razones, este esfuerzo plantea caminos diferentes para el mejor logro del trabajo científico en el país. En efecto, es el fruto de un esfuerzo coordinado entre instituciones nacionales y locales de investigación y de formación académica; coloca entre sus principales objetivos la formación de recursos humanos locales, como vía para el sostenimiento de líneas permanentes de estudio que permitan mayores conocimientos acerca del medio ambiente y de los problemas que presenta el control de los efectos de las actividades humanas por parte de la población. Pero además, establece un mecanismo de trabajo multidisciplinario que vincula a los centros de investigación con diversos sectores de la so-

ciudad, haciéndola participante activa en el conocimiento y la búsqueda de soluciones a los problemas que la afectan. Estoy convencido de que si en el futuro han de alcanzarse estados de equilibrio entre nuestras necesidades energéticas, el medio ambiente y el bienestar de la población, los mecanismos para lograrlo tendrán que explorarse a fondo, pues se trata de cuestiones de importancia vital.

El Centro de Ecodesarrollo desea dejar constancia de su agradecimiento a todas las personas e instituciones que prestaron su cooperación en los numerosos trabajos de campo que por espacio de varios años, se han efectuado en la región de estudio. De un modo especial a los pescadores de la Isla de Capoacán, del río Calzadas, de la Barra del Río Tonalá, del poblado de Cuauhtemotzin, de las Barrillas, del Jicacal y de Allende; a la Gerencia de Relaciones Públicas de PEMEX; a la Dirección de Oceanografía de la Secretaría de Marina; a los Servicios Portuarios del Istmo de Tehuantepec, S.A. (SPITSA); a los Servicios Marítimos Especiales de Coatzacoalcos, S.A.; su valioso apoyo hizo posible la realización de un trabajo científico plenamente integrado a los problemas ecológicos y sociales que viven las comunidades de la región.

Con este volumen, llegamos al final de esta serie. Resulta imposible dejar de expresar también nuestros reconocimientos a las autoridades del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), presidido por el doctor Héctor Maya-goitia Domínguez, y en particular a los doctores Gonzalo Halffter y Jesús Guzmán, quienes desde la Dirección de Desarrollo Científico y Tecnológico del Consejo apoyaron siempre estos trabajos tan prolongados y complejos.

En el caso del Dr. Halffter, sus trabajos en el área fueron siempre una guía valiosa y un material de consulta de primer orden para nuestros investigadores. Ojalá hayamos avanzado algunos pasos hacia los objetivos que tales estudios señalaron hace más de una década.

De igual modo queremos reconocer y dejar constancia de nuestra gratitud a los especialistas participantes y a las autoridades de las instituciones académicas y de investigación donde laboran: a los colegas del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM; del Laboratorio de Oceanografía-Unidad Iztapalapa y del Departamento del Hombre y su Ambiente-Unidad Xochimilco de la UAM; al doctor Joan Albaigés, director del Centro

de Investigación y Desarrollo del Consejo Superior de la Investigación Científica de Barcelona, España; y, finalmente, a los colegas de la Universidad Veracruzana. A sus esfuerzos debemos un ejemplo de cooperación que señala posibilidades nuevas para trabajos científicos de largo plazo.

Finalmente deseo expresar un amplio reconocimiento a don Pompeyo Figueroa Mortera por su apoyo para efectuar estos trabajos en campo y publicarlos. Lo hizo tanto cuando era presidente del Patronato de la Universidad Veracruzana, que hoy como máxima autoridad del municipio de Coatzacoalcos.

Distrito Federal, febrero de 1988

IVAN RESTREPO  
Director del  
Centro de Ecodesarrollo



# PRESENTACION

Patrocinar la publicación de esta serie, consagrada a dar cuenta de los trabajos científicos efectuados entre 1982 y 1987 en la región del río Coatzacoalcos por un selecto grupo de especialistas, significa un esfuerzo de gran importancia para la vida de nuestra comunidad.

En primer lugar, porque es una labor colectiva, que conjuntó a instituciones e investigadores de reconocido prestigio y a un equipo de jóvenes científicos de la Universidad Veracruzana, en el análisis de los problemas ecológicos y sociales más críticos que padecemos.

En segundo lugar, porque divulgar los hallazgos encontrados es, la culminación de un esfuerzo que contó permanentemente con la participación activa de diferentes actores sociales de nuestra sociedad: pescadores, organismos públicos y privados y, de un modo destacado, la Universidad Veracruzana.

Se trata, además, de un compromiso contraído con la comunidad: el de difundir los resultados obtenidos. Así, los 15 volúmenes que integran la serie, constituyen documentos destinados a promover la discusión abierta y democrática de los problemas que nos aquejan a fin de encontrar, también, soluciones colectivas. Estimo por todo ello que es un paso más en el rudo esfuerzo de transitar por los sinuosos caminos que nos conduzcan a un auténtico desarrollo.

POMPEYO FIGUEROA MORTERA  
Presidente Municipal  
de Coatzacoalcos



# INTRODUCCION

## *Los ríos de la tierra: un recurso finito*

Junto con la energía solar, el agua es el elemento primordial en el mantenimiento de la vida sobre la tierra. Sin embargo, no toda el agua es pura ni tampoco accesible al hombre, a los animales y a las plantas. En efecto, del volumen total de agua que hay en el planeta (algo así como 1. 5 billones de kilómetros cúbicos), un 97% es de aguas oceánicas, inservibles para usos humanos directos; del 3% restante, que son las aguas dulces de la tierra, susceptibles de ser utilizadas por el hombre con menos escollos tecnológicos, alrededor de las 213 partes se encuentran concentradas en los polos en formas sólidas; de la tercera parte restante de esta pequeña porción, la casi totalidad se halla almacenada en mantos subterráneos, quedando sólo un 0.35% en pantanos, lagos y otros reservorios, y otra cantidad aún menor (0.01 %) en ríos y otras corrientes superficiales. Todo esto nos obliga a reconsiderar que las aguas dulces de la tierra son *recursos finitos* indispensables para la supervivencia humana (cuadro 1 ).

En las condiciones climáticas que prevalecen en nuestro planeta, los volúmenes de agua que la cubren permanecen estables. Anualmente unos 435 mil  $\text{km}^3$  se evaporan de la superficie de los océanos. Un 90% retorna a los mares del mundo por precipitación. El 10% restante, por la acción de los vientos, se desplaza hacia los continentes. Allí, por una combinación de precipitación (unos 112 mil  $\text{km}^3$ ) y evaporación (unos 73 mil  $\text{km}^3$ ) y recarga de acuíferos, queda un remanente (unos 37 mil  $\text{km}^3$ ) que se escurre por las cuencas hidrológicas de la tierra y va a parar, finalmente, a los océanos para cerrar el ciclo hidrológico (figura 1 ).

Sin embargo, de los 37 mil  $\text{km}^3$  de agua que retorna, anualmente a los océanos del mundo en este ciclo, sólo una tercera parte (unos 14 mil  $\text{km}^3$ ) constituyen flujos estables

CUADRO 1

LOS COMPORTAMIENTOS DEL AGUA EN LA TIERRA: VOLUMENES DE AGUA ALMACENADA Y TIEMPOS DE RESIDENCIA EN DIFERENTES AMBIENTES

PARAMETROS AMBIENTALES	VOLUMEN (km <sup>3</sup> )	PROMEDIO DE RESIDENCIA Tiempo
Agua en la atmósfera	113,000	8 a 10 días
Océanos y mares abiertos	1370'000,000	4000 + años
Lagos de aguas dulces y represas	125,000	De días a años
Lagos de aguas salinas y mares interiores	104,000	---
R í o s	1,700	2 semanas
Pantanos y marismas	3,600	Años
Agua biológica (usada por plantas)	65,000	1 semana
Humedad y zona no saturada (zona de aereación)	65,000	2 semanas a 1 año
Acuíferos	4'000,000 a	De días a decenas de miles de años.
Agua congelada (glaciares y casquetes polares)	30'000,000	De 10 a miles de años

F U E N T E S :

1. R.I. Nace, Ed., Scientific Framework of World Water Balance. Technical Papers in Hidrology N°, Table 2 (UNESCO, París, 1971).
2. R.I. Nace, Water of the World (U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1980).

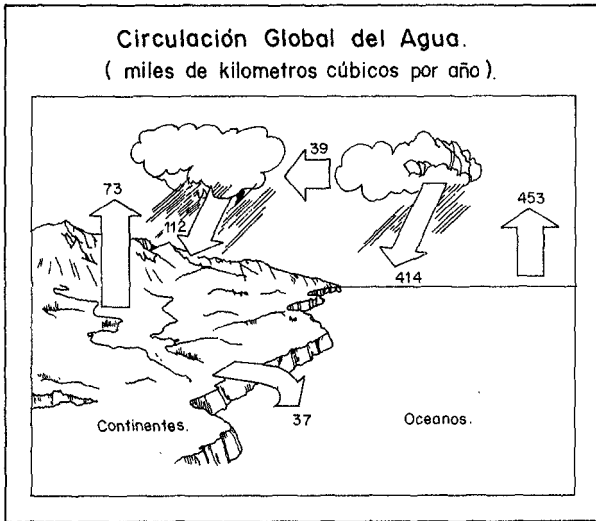
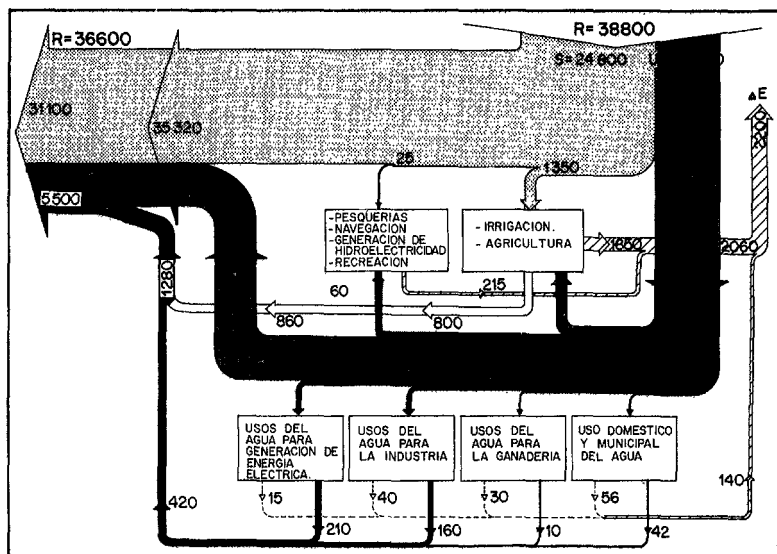


FIG. 1. CIRCULACION GLOBAL DEL AGUA

FIG. 2. ESQUEMA DEL ESTADO ACTUAL DEL BALANCE DEL AGUA EN EL MUNDO, CON EL CIRCUITO ECONOMICO DEL CICLO DEL AGUA.



RECURSOS ACUATICOS DE CORRIENTES INESTABLES.

RECURSOS ACUATICOS DE CORRIENTES ESTABLES

AGUA IRRECUPERABLE PARA FINES ECONOMICOS

AGUA CONTAMINADA Y DE DESECHOS.

AGUA DE RETORNO DESPUES DE LA IRRIGACION.

R TOTAL DE CORRIENTES FLUVIALES (EXCLUSIVAMENTE LAS AGUAS DULCES CORRIENTES DE LOS CASQUETES POLARES).

Fuente: LVOVITH MARK I : World Water Resources . Present and Future .  
En : AMBIO vol. VI , núm. 1 : 1977 , pp. 18.

CUADRO 2

RECURSOS ACUATICOS POR CONTINENTES, Y SU TRANSFORMACION  
CON LA AYUDA DE REPRESAS

CONTINENTES	CORRIENTES NATURALES DE RIOS (km <sup>3</sup> /año)		CORRIENTES REGULADAS POR PRESAS (km <sup>3</sup> )	ÁGREGADO A LAS CORRIENTES ESTABLES	
	T o t a l	Estable de Origen Subterráneo		(km <sup>3</sup> /año)	% Incremento
Europa	3100	1125	200	1325	18
Asia	13190	3440	560	4000	16
Africa	4225	1500	400	1900	27
América del Norte	5950	1900	500	2400	26
América del Sur	10380	3740	160	3900	4.2
Australia (*)	1965	465	35	500	7.5
Todas las áreas continentales (**)	38830	12170	1855	14025	15

\* Incluyendo Oceanía

\*\* Excluyendo la Antártida y Groelandia, donde no hay represas.

Fuente: Ilvovitch, Mark: World Water Resources: Present and Future. En *Ambio*. Vol. VI, 1977.

## *La amenaza del crecimiento urbano*

Aun tomando como base las previsiones más optimistas con respecto a la evolución de la población mundial, su concentración en las áreas urbanas parece ineluctable. Así lo será por lo menos para los países pobres del Tercer Mundo. En estas regiones de la tierra vivirán 8.8 de los 10.2 billones de seres humanos que poblarán nuestro planeta hacia fines del siglo XXI, Altas tasas naturales de crecimiento y una irrefrenable migración de las áreas rurales hacia las ciudades, se combinarán para dar lugar a una de las situaciones más explosivas que la humanidad haya enfrentado en toda su azarosa lucha por sobrevivir. Pero la concentración de la población urbana del Tercer Mundo no es ni será homogénea. Variará de región a región. Así también, las presiones sobre los recursos naturales y en particular sobre las aguas dulces de la Tierra, sufrirán cambios.

En América Latina es previsible el crecimiento de sus ciudades medianas y de sus metrópolis costeras. La disputa por la tierra seguirá favoreciendo a la ganadería como factor de expulsión de la mano de obra rural hacia las ciudades. Los estímulos para la creación de polos de desarrollo portuario-industriales, para el procesamiento y la exportación de materias primas, serán factores suficientes para incrementar las poblaciones de áreas ya populosas como Buenos Aires-La Plata, Sao Paulo, Maracaibo y los polos industriales del sureste mexicano.

Aunque menos urbanizada que América Latina, Asia padece también situaciones críticas con respecto a la presión de sus asentamientos humanos sobre sus recursos fluviales. Dos países: China y la India, que concentran las 213 partes de la población asiática, son buenos ejemplos de este proceso. En China, de los 78 ríos monitoreados en 1980, 54 resultaron severamente contaminados por desechos domésticos e industriales (Smill, 1982). Sus dos ríos más importantes sufren hoy las tensiones del poblamiento intenso de sus cuencas hidrológicas. La gran cuenca del río Amarillo -corazón de la civilización china y centro político y económico del país- sufre la presión del crecimiento de las ciudades distribuidas a lo largo de su cauce: Xining, Lanzhou, Yinchuan, „ Shizuishan, Baotou, Sanmenxia, Luoyang, Zhengzhou y Jinan (E. H. M. Staff, 1982). La cuenca baja del

río Yangtze -la corriente fluvial más larga del continente asiático- vive bajo la presión de una población de más de 20 millones de seres humanos que se concentran en algunos centros urbanos como Chong-ging, Wu-han, Nan-jing y Shanghai. Por otra parte, un reporte del Centro para la Ciencia y el Ambiente de la India encontró que el 70% de sus aguas superficiales se encuentran seriamente contaminadas por desechos humanos. De 3,1 1 9 poblados y ciudades investigadas, sólo 21 7 tenían servicios parciales de tratamiento de desechos domésticos y únicamente 7 contaban con servicios completos (CSE, 1982). Hoy la India enfrenta el complejo problema de la expansión de sus centros urbanos situados en una de las mayores cuencas hidrológicas del mundo, la del río Ganges: Nueva Delhi, Kanpur y Calcuta (Chaudhuri, 1985).

Aunque Africa es la menos urbanizada de las regiones del Tercer Mundo, su mayor concentración urbana (El Cairo, con más de 10 millones de habitantes) y la propia población rural asentada alrededor de sus inmensos lagos y sus planicies de inundación, ejercen una intensa presión sobre sus cuerpos de aguas dulces.

En torno de estos procesos se da una amplia gama de problemas ambientales que tienen que ver directamente con la calidad de los ecosistemas de aguas dulces de la tierra. La mayoría de las ciudades localizadas en las zonas de influencia de los ríos y otros ambientes de agua dulce en el Tercer Mundo, padecen déficits agudos en sus ofertas de agua limpia a sus poblaciones y carecen de sistemas adecuados de tratamiento de sus desechos. De acuerdo con las estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, para 1980 sólo el 25% de la población urbana del Tercer Mundo disponía de servicios sanitarios completos, pero el porcentaje era de 13% en las áreas rurales de estos países (Helmer, R. 1984).

Esta situación trae por consecuencia que las condiciones de salud de la población en estas regiones del planeta sean de una extrema pobreza. Lo que se magnifica en las zonas costeras bajo la influencia de los grandes sistemas fluviales en las regiones tropicales, por la estrecha conexión que existe entre sus diferentes ambientes acuáticos. La baja calidad sanitaria de sus aguas dulces favorece la proliferación de numerosas enfermedades transmitidas a través del agua:

aquéllas causadas por la contaminación fecal y por la falta de higiene en el manejo de las aguas utilizadas para el consumo humano directo; las que se transmiten a través del agua utilizada para el lavado; las que tienen como medio la calidad del agua ingerida; las que se transfieren a través de un vector relacionado con el agua; y las que se originan por la forma de disposición de las heces fecales (cuadro 3).

De acuerdo nuevamente con las cifras de la OMS, a mediados de la década de los años setenta más de 1,600 millones de seres humanos de las regiones subdesarrolladas del mundo fueron afectados por enfermedades transmitidas a través del agua: *malaria* (800 millones); *tracoma* (500 millones); *esquistosomiasis* (200 millones); *dracunculosis* (40 millones); *oncocercosis* (30 millones). Cerca de 580 millones de casos de diarreas se presentaron entre los niños menores de 5 años en Asia, Africa y América Latina. Este informe estimó los decesos por esta causa en 20 millones de niños. Sólo en América Latina las enfermedades diarreicas fueron responsables del 28% de los fallecimientos de niños menores de 5 años. Pero el 66% presentó 2 o más tipos de parásitos intestinales y las tasas de infección se aproximaron al 100% en las poblaciones que viven en las periferias de las ciudades y en las áreas rurales (Van der Veen, 1984).

Ante la magnitud del problema, la mayoría de países del Tercer Mundo no se encuentra en condiciones financieras, científicas y técnicas, y carecen de estructuras de planificación para afrontarlo. En una publicación reciente ("*Drinking Water and Sanitation 1981-1990*") la OMS estimó inversiones entre 300 y 600 billones de dólares para vencer los retos que al inicio de la Década del Agua se planteaban a gobiernos y planificadores en el Tercer Mundo. En la actualidad, el Banco Mundial y otras agencias internacionales destinan entre 7 y 8 billones de dólares a proyectos relacionados con el agua.

Pero los problemas que amenazan a los países pobres de la tierra están lejos de ser solamente financieros. La falta de un personal científico especializado es, también, un enorme escollo. Ingenieros sanitarios, químicos, microbiólogos, médicos especialistas en salud pública, y personal técnico de apoyo debidamente adiestrado, son faltas graves en las estructuras de planificación de estos países.

En estas circunstancias, los gobiernos locales han optado

### CUADRO 3

#### ENFERMEDADES INFECCIOSAS DE ETIOLOGIA BACTERIANA QUE SE PRESENTAN EN ORGANISMOS ACUATICOS Y EN HUMANOS TRANSMITIDAS POR AGUA O POR ALIMENTOS CONTAMINADOS

---

##### ORGANISMOS ACUATICOS

<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Septicemia homocélica de los camarones y el cangrejo azul.
<i>Vibrio alginolyticus</i> y <i>Vibrio anguillarum</i>	Necrosis bacilar en los estados larvarios y juveniles de moluscos bivalvos. Lesiones ulcerosas en peces marinos y agua dulce.
<i>Aeromonas hydrophila</i> y <i>Aeromonas salmonicida</i>	Furunculosis en la anguila americana.
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Enfermedades en peces de agua dulce y estuarina.
<i>Edwardsiella ictaluri</i>	Septicemia entérica del bagre.
<i>Yersinia ruckeri</i>	Boca rojiza de la trucha.
<i>Pseudomonas fluorescens</i> y <i>Pseudomonas putida</i>	Infecciones en langostino de agua dulce
<i>Citrobacter freundii</i>	Lesiones cutáneas en tortugas.
<i>Nocardia asteroides</i>	Abdomen distendido en la trucha arcoiris.

### Cuadro 3 (Conclusión)

#### EN EL HOMBRE:

*Salmonella spp.*

Salmonelosis; fiebre tifoidea y paratifoidea.

*Shigella dysenteriae*

Disentería bacilar.

*Vibrio parahaemolyticus*

Gastroenteritis aguda.

*Vibrio alginolyticus*

Infecciones de heridas, ojos y oídos.

*Escherichia coli* Tipo 1

Infecciones del tracto uterino, septicemia, meningitis neonatal y diarrea en niños.

*Klebsiella pneumoniae*

Considerado como un patógeno oportunista en pacientes hospitalizados. Causa infecciones de los tractos urinario y respiratorio y ocasionalmente bacteremia y neumonía.

*Pseudomonas aeruginosa*

En las playas, puede causar infecciones en el oído medio, ojos, nariz y garganta.

*Flavobacterium spp.*

Es patógeno primario en pacientes sometidos a cirugía.

*Aeromonas sobria*

Patógeno primario presente en exudados de úlceras, pus de ostiomielitis, exudados de garganta y nariz; en orina y bilis y en excrementos de personas con o sin diarrea.

*Campylobacter jejuni*

Enfermedades diarreicas (enteritis) en niños.

---

por hacer frente, con los escasos recursos disponibles, a los problemas relativos a la dotación de agua potable a sus poblaciones, postergando el complejo problema del tratamiento de los desechos domésticos. Lo que torna aún más inalcanzable la meta de una alta calidad en las aguas dulces de estas regiones del planeta. Porque si bien es verdad que los desechos domésticos son sólo una pequeña fracción de las aguas contaminadas que se arrojan a los cuerpos de agua dulce, el potencial de sus impactos sobre la salud ambiental de las cuencas es enorme por su alto contenido de bacterias nocivas (figura 2). La oferta de agua limpia y sistemas adecuados de tratamientos de desechos domésticos son dos aspectos indisociables de una misma problemática: la de la calidad del agua, de cuya solución conjunta depende por entero la salud ambiental de los cuerpos de agua dulce de la tierra.

Lo más terrible y dramático de nuestra complicada civilización es que aun estos esfuerzos de los países pobres por acceder a una agua limpia, tropiezan a menudo con obstáculos y errores de los propios métodos utilizados. Por ejemplo, el cloro empleado para purificar el agua y en el tratamiento de aguas domésticas o industriales de desechos, puede reaccionar con otros contaminantes y crear compuestos orgánicos clorinados potencialmente tóxicos, como los fenoles clorinados y los trihalometanos compuestos, entre ellos el cloroformo, que es un bien conocido carcinógeno (The Conservation Foundation, 1982).

### *La amenaza de los agro químicos*

Ante la presión de una población creciente, los sistemas agroalimentarios deben afrontar el reto de proveer de bienes básicos a una población que se calcula en 6 billones para fines del siglo, y en 10 billones para el año 2100. De los 13 billones de hectáreas de tierras existentes, sólo 4 billones, esto es, cerca del 30%, constituye la parte cultivable. Los países subdesarrollados cuentan con 2.2 billones de estas tierras para alimentar a las 3/4 partes de la población mundial (World Resources Institute, 1986).

Hacer frente a este reto requerirá del aumento de la productividad agrícola, más que de abrir nuevas tierras al cultivo. Bajo los sistemas agrícolas actuales, este aumento de la

productividad precisará de más tierras irrigadas, de más insumos químicos -principalmente de fertilizantes y plaguicidas- de semillas mejoradas y de una mayor mecanización. Si las estructuras productivas de las sociedades actuales no cambian de un modo radical, los sistemas agroalimentarios de consumo intensivo de energía basados en los hidrocarburos, serán los instrumentos principales de la humanidad para incrementar la producción de alimentos en el futuro. Sin embargo, estos sistemas agroalimentarios afrontarán serios problemas ambientales, que agudizarán las presiones sobre las aguas dulces de la tierra. El primero de ellos es su extrema dependencia de sofisticados sistemas de irrigación. La sobreexplotación de los mantos acuíferos, la anegación de los suelos, la salinización y la alcalinización, son dificultades endémicas de esta agricultura industrializada (Kandia H. A., 1987). Son espectaculares los desastres ocasionados por la salinización de las tierras irrigadas en Irak (van Aart, 1974), en China (Leslie 1972), en el Valle de Siria (FAO), en el Valle del río Jordán (Dhillon 1981), en la Patagonia argentina, en el noreste de México (Henderson 1965) y en el Valle Imperial de California (Postei, 1985).

En las regiones costeras tropicales la sobreexplotación de los mantos freáticos ha provocado intrusiones salinas que han afectado a las aguas dulces a muchos kilómetros tierra adentro del litoral. Un buen ejemplo de este proceso es lo que ocurre a lo largo de las costas de la península Indochina donde las intrusiones salinas afectan a los mantos hasta a 50 km de las costas. En el Delta del Mekong, este proceso de salinización afecta ya los pozos de la Cuenca alta en territorios de Kampuchea (Beyer, M. G. 1984). Otros casos son los de Israel, los países árabes del Golfo Pérsico y los estados costeros estadounidenses.

Otro problema es la sobrefertilización de las tierras agrícolas, práctica muy común en los distritos de riego de los países subdesarrollados, donde se carece con frecuencia de los controles técnicos y de métodos de retención. La propia tecnología aplicada a la producción masiva de fertilizantes, presente en grandes plantas de productos petroquímicos básicos que carecen de sistemas de control de sus desechos, ubicadas a menudo en zonas críticas de los ambientes acuáticos, plantea graves problemas para la calidad de las aguas dulces de la tierra. En los países tropicales, la acción

de las lluvias y de otros procesos hidrológicos altamente dinámicos, termina por incorporar cantidades masivas de nutrientes (fósforo y nitrógeno) y de micronutrientes (elementos trazas y compuestos orgánicos) a los cuerpos de agua dulce, lo que da como resultado la proliferación de algunas plantas acuáticas, como las algas y las macrofitas. Este proceso, conocido como eutroficación, termina por deteriorar la calidad del agua, reducir el oxígeno, depauperar las pesquerías, obstruir las vías de agua y propiciar en los cuerpos cerrados excesivas pérdidas por evapotranspiración (Vollenwider, R. A., 1981).

Una idea de la magnitud de este problema que afecta a las aguas dulces de la tierra, pueden dárnosla los hechos siguientes: el 75% de los 800 lagos estadounidenses han sido reportados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos como eutróficos o hipertróficos. Sin embargo, la atención mundial ha sido puesta sólo en los casos de los grandes lagos: Washington, Ontario y Erie. En Europa algunos de los más importantes como los prealpinos (Constanza, Léman, Lugano) y otros como los lagos Maggiore y Como de Italia, se encuentran altamente eutrofizados o en procesos avanzados de eutroficación. En Japón, el gran lago de Kasumigaura -el segundo más importante del país y una fuente vital para la gran área metropolitana de Tokio- se encuentra en un estado avanzado de eutroficación.

Aunque los efectos en ríos y cuerpos de aguas abiertos (estuarios, fiords, bahías y otras áreas costeras) son menos agudos, se han detectado deterioros notables por este fenómeno en los fiords de Oslo, la Bahía de Tokio, la Bahía de Manila, la Bahía de Chesapeake, la Bahía de Guanabara, el Lago de Maracaibo, y las líneas costeras de España, Francia, California y Florida (Vollenwider, *op. cit.*).

Otro efecto más es el uso no controlado de plaguicidas para incrementar la productividad agrícola, para controlar los vectores de la malaria y otras enfermedades tropicales, para preservar y almacenar alimentos y para otros usos domésticos. La contaminación de los cuerpos de agua por estas sustancias altamente tóxicas ha ocasionado grandes desastres ecológicos en diferentes regiones del mundo, y es motivo de una preocupación creciente en la comunidad científica internacional.

Efectos letales en peces, cangrejos, crustáceos y molus-

cos han sido ampliamente documentados en años recientes. Una atención similar se ha puesto en organismos planctónicos, sobre todo en las larvas de crustáceos. Algunos efectos subletales también empiezan a ser mejor conocidos: algunas especies de cangrejos como *Cancer magister*, expuestas a 40 Mg/l. de metóxiclor, rechazan el alimento y, a niveles menores de exposición, presentan dificultades para localizarlo (Armstrong 1976). También se ha demostrado la vulnerabilidad a la luz en organismos planctónicos, originada por los plaguicidas.

### **La amenaza de las obras hidroagrícolas**

Contar con el agua suficiente para el riego ha requerido de complejas obras de infraestructura como presas, diques y canales, que han alterado también los cuerpos de aguas dulces, interfiriendo en los flujos naturales del ciclo hidrológico, en la química de los ecosistemas, en las descargas de sedimentos, nutrientes y minerales y en el bloqueo de las rutas de migración de los peces.

Lo que estas alteraciones han significado para las pesquerías, y para los millones de pobladores de Asia, Africa y América Latina que depende vitalmente de ellas, todavía no ha sido evaluado en todas sus dimensiones. Basta, sin embargo, que cobremos conciencia de los resultados de algunas investigaciones realizadas para evaluar los efectos ecológicos de la construcción de grandes presas en los ríos Colorado y Missouri (EUA), Indo (Paquistán), Ganges-Bramaputra (India-Bangladesh), Nilo (Egipto), Volta (Ghana), Volga (URSS), Niger (Nigeria). Todos han revelado cambios drásticos en las comunidades de la fauna acuática, alteraciones en la composición de las especies y el incremento de especies depredadoras. En el río Colorado se encontró que la captura había descendido de 22,440 toneladas en 1911, a sólo 6,800 toneladas en 1970. Los científicos responsables del estudio atribuyeron este descenso a las perturbaciones en las rutas de migración de los peces. Investigaciones en los ríos Indo, Ganges-Bramaputra, Amarillo y Amazonas, también han reportado efectos severos sobre las pesquerías por las mismas causas. El descenso de las pesquerías de sardina en el Mediterráneo oriental ha encontrado una explicación probable en los cambios drásticos de los flujos de nutrientes

originados por la construcción de la gigantesca presa de Aswan y sus sistemas secundarios sobre el río Nilo. La construcción del canal Jonglei (350 km) para desviar aguas del Nilo y comunicar al norte con el sur del Sudán, ha causado severas alteraciones en las tierras de cultivo de una de las mayores y más fértiles planicies de inundación en el mundo (11 mil km<sup>2</sup>). De acuerdo con los reportes de investigadores del Center of Wetland Resources de la Universidad de Louisiana, las obras de canalización emprendidas por muchos años en el Delta del río Mississippi, han provocado cambios en los patrones de flujos del agua, modificaciones en los regímenes de salinidad y pérdidas millonarias para las pesquerías del área (Maltby, 19 86). Aunque al parecer de impactos menos severos para las pesquerías, los sistemas de presas construidas sobre el río Volga, el más largo de los ríos europeos, han ocasionado importantes cambios cualitativos en el régimen hidroquímico de este sistema fluvial; así como en los periodos de transporte de nutrientes y minerales, en el contenido y la composición de electrolitos y en los niveles de oxígeno disuelto (Butorin, N. V.).

Sin embargo, hoy la construcción de presas en el mundo se encuentra en su apogeo (cuadro 4). Las 213 partes de los grandes proyectos en marcha se ubican en el Tercer Mundo. La promesa de mayor energía para impulsar el sistema productivo y de más agua para la irrigación, son poderosos incentivos para emprender estas obras de infraestructura: lo mismo en Africa y en Asia, que en América Latina. Más de 800 presas se planean para encauzar las aguas de los ríos Filipinos; 40 se proyectan sobre el Amazonas.

### ***La amenaza de los desechos industriales***

Hoy los recursos acuáticos de la tierra también afrontan la amenaza de miles de sustancias tóxicas liberadas al ambiente por nuestra civilización industrial. Más de 50 mil químicos se comercializan en el mundo. Pero si se toma en cuenta que una alta proporción de estas sustancias no son de consumo directo, sino la base para mezclas y soluciones, los productos finales de la industria química rebasan por un amplio margen el millón de sustancias (UNEP 1978).

El problema reside en que nuestros conocimientos acerca de los efectos de estos químicos en el ambiente, y particular-

CUADRO 4

PROYECTOS DE CONTROL DE GRANDES RIOS SELECCIONADOS  
1984

Proyecto	Distancia (km)	Volumen Anual Planeado (km)	Costo (Billones de Dólares)	Estado Actual
Chang Jiang: Norte de China	1500	15.0	5.2 <sup>(1)</sup>	Decisión para iniciar la construcción: 1983.
Ríos del Noroeste Europeo. Cuenca del Mar Caspio: Unión Soviética.	3500	20.0	3.1	Inicio de la construcción: 1986
Ríos Siberianos: Asia Central: Unión Soviética.	2500	25.0	41.0	Planeación, ingeniería de diseño, decisión pendiente.

Cuadro 4 (Conclusión)

Arizona Central: Estados Unidos.	536	1.5	3.5	Tramo a Phoenix: a principios de 1985; Tramo a Tucson: 1991
Estado de California Estados Unidos	536	1.5	3.8 (2)	Operando al 60% de la capacidad planeada.
Ríos del Medio Oeste. Estados Unidos.(3)	600-1600	2.0-7.4	5.5-35.0	Ninguna acción.

---

NOTAS:

- (1) Estimación considerada baja por los analistas. Es posible que sea el doble.
- (2) Incluye sólo costos hasta 1995.
- (3) Se estudiaron con diferentes derivaciones.

FUENTE: Worldwatch Institute, basado en diferentes fuentes.

mente en los ecosistemas acuáticos, son muy escasos: Además de que los sistemas de monitoreo y control de las emisiones de las plantas y complejos industriales que las elaboran, son todavía más deficientes que nuestros conocimientos (cuadro 5). Esto es particularmente cierto para los países del Tercer Mundo, donde los rezagos científicos y tecnológicos al respecto son espectacularmente amplios y los controles prácticamente inexistentes.

Poco se sabe, en efecto, de sus potenciales tóxicos, de sus vías de entrada al ambiente, de sus movimientos y transformaciones, de sus efectos sinérgicos, de sus lugares y destinos de depósito, de sus incorporaciones a los distintos organismos vegetales y animales y de sus efectos en la salud humana. De las 65 sustancias declaradas como altamente contaminantes para el ambiente y, en especial para los cuerpos de agua, por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (cuadro 6), apenas se cuenta con una información básica acerca de los efectos en el hombre y en el medio ambiente de una tercera parte (cuadro 7). Son relativamente pocos los datos sobre los efectos agudos en el ser humano, ya que estudiarlos requiere de una sofisticada infraestructura de investigación científica y de programas a largo plazo, los cuales son en todos términos costoso y prácticamente imposibles para la mayoría de los países pobres. Las toxicidades mejor conocidas son aquéllas que se dan por concentraciones relativamente bajas en algunos ambientes de clima templado. En los últimos años, efectos letales, como el cáncer, y genéticos, como las malformaciones, han sido mejor documentados.

Algunos desastres han contribuido también a llamar la atención mundial acerca de la complejidad y la magnitud de los problemas que la emisión de químicos tóxicos genera para la existencia de la vida en la tierra. La opinión mundial se sacudió por los acontecimientos ocurridos en la Bahía de Minamata, en Japón, a mediados de la década de los cincuenta y principios de los sesenta, cuando las descargas de mercurio de una planta dedicada a la producción de formaldehído y cloruro de vinilo, produjeron la contaminación de peces que fueron consumidos por la población. La drástica reducción de las pesquerías del río Rhin fue otro hecho que conmocionó a la opinión pública a principios de los sesenta. La captura descendió de 49,075 toneladas



CUADRO 6

SUSTANCIAS TOXICAS CONTROLADAS POR EPA

---

Acenafteno	Cobre y compuestos	Isofurano
Acroleína	Cianuro	Plomo y compuestos
Acrlonitrilo	DDT y metabolitos	Mercurio y compuestos
Aldrín/Dieldrín	Diclorobencenos	Naftaleno
Antimonio y compuestos	Diclorobencidina	Níquel y compuestos
Arsénico y compuestos	Dicloroetileno	Nitrobenzeno
Asbestos	2,4-Diclorofenol	Nitrofenoles
Benceno	Dicloropropano y	Nitrosaminas
Bencidina	Dicloropropeno y	Pentaclorofenol
Berilio y compuestos	2,4-Dimetilfenol	Fenol
Bifenilos policlorinados (PCB's)	Dinitrotolueno	Ftalato-éteres
Cadmio y compuestos	Difenilhidracina	Selenio y compuestos
Clordano	Endosulfán y metabolitos	Plata y compuestos
Clorinado bencénico	Endrín y metabolitos	2,3,7,8 - Tetracloro
Clorinado eténico	Etilbenceno	Dibenzo-p-dioxina
Cloroalquil éteres	Fluoranteno	(TCDD)
Clorinado fenólico	Halaéteres	Tetracloruro de carbono
Clorinado naftalénico	Halometanos	Tetracloroetileno
Cloroforno	Heptacloro y metabolitos	Talio y compuestos
2 - Clorofenol	Hexaclorobutadieno	Tolueno
Cloruro de vinilo	Hexaclorociclopentadieno	Toxafeno
Cromo y compuestos	Hexaclorociclohexano	Tricloroetileno
	Hidrocarburos aromáticos polinucleares	Zinc y compuestos

---

Fuente: National Academy of Sciences, USA.

Tomado de: State of the environment 1982. A report from The Conservation Foundation

## CUADRO 7

### EFECTOS SOBRE EL HOMBRE Y EL MEDIO AMBIENTE ACUATICO DE 25 QUIMICOS TOXICOS

SUSTANCIA	Efectos en el Hombre			Efectos en el Medio Ambiente
	Carcinógeno	Teratógeno	O t r o s	
Aldrín-Dieldrín	'		Temblores, convulsiones, lesiones renales.	Tóxico para organismos acuáticos, inhibe la reproducción en aves y peces, se bioacumula en organismos acuáticos.
Arsénico	'	'	Vómitos, envenenamiento, lesiona el hígado y riñones.	Tóxico para el crecimiento de plantas.
Benceno	'		Anemia, lesiona la médula y el sistema óseo.	Tóxico para algunos peces e invertebrados acuáticos.
Bi (2-etilexil) ftalato	'	'	Lesiona el sistema nervioso central.	Produce poca consistencia en el cascarón de aves, tóxico para peces.
Cadmio	'	'	Sospecha de factor causal de algunas patologías: tumores, disfunciones renales, hipertensión, arterioesclerosis.	Tóxico para peces, se bioacumula en organismos acuáticos.
Carbono tetraclorido	'		Lesiona el riñón y el hígado, afecta al corazón.	
Cloroformo	'		Lesiona el riñón y el hígado.	

Cuadro 7 (Continuación)

Cromo		Lesiona al riñón y al aparato gastrointestinal, produce complicaciones respiratorias.	Tóxico para algunos invertebrados acuáticos.
Cobre		Irritante gastrointestinal, lesiona el hígado.	Tóxico para peces juveniles.
Cianidido		Vivamente tóxico.	Mata peces, reduce el crecimiento y el desarrollo de los peces.
DDT		Tumores, convulsiones, lesiona los riñones.	Inhíbe la reproducción de peces y aves, se bioacumula en organismos acuáticos, se biomagnifica en la cadena de los alimentos.
Di-n-butil ftalato		Lesiona el sistema nervioso central.	Produce poca consistencia en el cascarón de las aves, tóxico para peces.
Dioxin		Salpullidos en la piel.	Se bioacumula.
<i>Etilbenceno</i> <sup>(1)</sup>			
Plomo		Convulsiones, anemia, lesiona el riñón y el cerebro.	Tóxico para plantas y animales, se biomagnifica en la cadena de alimentos.
Mercurio		Irritabilidad, depresión, lesiona riñones y el hígado. Mal de Minamata.	Afecta al proceso reproductivo, inhibe el crecimiento y mata a los peces. El metilmercurio se magnifica.
<i>Diclorometano</i> <sup>(1)</sup>			
Níquel		Afecta al sistema gastrointestinal y al sistema nervioso central.	Afecta la reproducción de especies acuáticas.

Cuadro 7 (Conclusión)

PCB's	Vómito, dolores abdominales, ceguera temporal.	Lesiona el hígado de mamíferos, los riñones, produce poca consistencia en el cascarón de las aves, afecta al proceso reproductivo de los peces.
Fenol		Afecta la reproducción de organismos acuáticos.
Plata		Tóxico para organismos acuáticos.
Tetracloro-etileno	Afecta al sistema nervioso central.	
Tolueno		Tóxico para organismos acuáticos en altas concentraciones.
Toxafeno		Decrece la productividad del fitoplancton, produce defectos en peces y aves.

---

(1) La ausencia de comentarios no significa que no posean efectos adversos, los que han sido descritos en otras fuentes, y ninguna de estas posibilidades puede ser eliminada.

En algunos casos los efectos sobre el ser humano están basados en los resultados de pruebas en animales.

Si una sustancia se identifica como carcinógena, hay evidencia de que es causa potencial de cáncer en humanos. Si se identifica como teratógeno es la causa potencial de defectos al nacer en los seres humanos.

Fuente: National Academy of Sciences, USA.

Tomado de: State of the environment 1982. A report from The Conservation Foundation.

en 1949, a 5,306 toneladas en 1963 (Cees. L. M., *P. et. al.*, 1 978). Las investigaciones emprendidas por una comisión multinacional encontraron las causas en las descargas masivas de hidrocarburos clorinados, compuestos organofosforados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y una gama amplia de metales pesados como mercurio, plomo, zinc, cadmio, y otros. En 1976, en Seveso, una pequeña población del norte de Italia, un nuevo desastre volvió a horrorizar al público. Esta vez, el estallido del reactor de una planta dedicada a la elaboración de 2, 4, 5 triclo-rofeno descargó directamente a la atmósfera cantidades masivas de virulentas sustancias venenosas (TCDD: dioxin), causando la intoxicación aguda de la población (Peterson, J., 1978). En años recientes, una mayor información puso al descubierto las dimensiones de uno de los más complejos problemas ambientales de nuestro tiempo: las precipitaciones ácidas. Los desastres provocados por esta vía de entrada al ambiente de químicos tóxicos sobre los cuerpos de aguas dulces, la vegetación y las pesquerías han recibido la atención urgente de algunos países europeos: Noruega, Suecia, Finlandia, Dinamarca y Alemania, donde los impactos han sido drásticos (Wright, R. F., 1983).

Todos estos hechos han colocado a los países industriales avanzados y a los países pobres de la tierra frente a una realidad: la capacidad finita de nuestro medio ambiente para recibir desechos orgánicos y sustancias tóxicas no biodegradables. Los costos ecológicos de la hiperindustrialización son, a menudo, impagables. La industrialización al costo de daños irreversibles al medio ambiente ha dejado de ser una estrategia viable para acceder a mejores niveles de vida.

Esta realidad adouiere toda su significación cuando se trata de las tensiones a las que se encuentran sometidos los ambientes acuáticos de la tierra. Particularmente los ríos. No es posible alcanzar la meta de una alta calidad de la vida, con ríos que arrastran toda clase de químicos, tóxicos, fenoles y otros contaminantes que son altamente nocivos para la salud humana y para todas las formas de vida en el tierra. "La prevención de la contaminación fluvial es *una necesidad absoluta* (el subrayado es nuestro) en un país tan altamente industrializado como los Estados Unidos para el mantenimiento de la salud pública y las amenidades", ha expresado de un modo enfático un alto funcionario de la Agencia de

Protección Ambiental de ese país (Bunch, 1982).

Un eminente científico soviético, vinculado al manejo de los sistemas acuáticos de la URSS, llegó a una conclusión similar: "Existen razones para pensar que los procesos hidrológicos que se desarrollan en una cuenca fluvial constituyen el principal factor que afecta la calidad de las aguas dulces de la Tierra. Tales procesos desarrollan su función vital dependientes de la intensidad de las interferencias antropogénicas. La única manera de poner fin al deterioro de la calidad del agua es prohibir la descarga de desechos a los cuerpos de aguas dulces" (Kaminsky, V. S., 1984).

El avance de los conocimientos acerca de la importancia ecológica vital de los cuerpos de agua dulce de la tierra y situaciones de desastres como la de los grandes lagos estadounidenses, la de los ríos y lagos del norte europeo, la salinización de los mantos subterráneos de las costas estadounidenses y mexicanas, han planteado la necesidad urgente de reformular las estrategias de aprovechamiento de los recursos acuáticos con base en patrones de calidad.

Pese a las situaciones adversas que amenazan a las aguas dulces del mundo, algunos esfuerzos se han emprendido en los países industriales avanzados para frenar esta tendencia. En el caso de los desechos industriales tóxicos vertidos a los ríos, estas acciones se han traducido en el diseño y la ejecución de estrategias orientadas a identificar, definir y clasificar las sustancias tóxicas; a conocer sus efectos sobre organismos individuales, poblaciones de organismos, ecosistemas y, especialmente, sobre la salud humana; a perfeccionar tecnologías de control de las emisiones, y abortar el conocimiento de opciones en el manejo de los desechos. Hay que reconocer que estos esfuerzos han rendido frutos, aunque no tan espectaculares como los desastres y la magnitud de las amenazas. El río Támesis, en Inglaterra, ha recuperado muchas de sus antiguas cualidades bióticas (White, M.J.D., 1982). El río Rin ha sido el objeto de un sistema multinacional de control y monitoreo que se ha extendido a otros ríos europeos (cuadro 8). Sofisticados sistemas de monitoreo han sido puestos en operación en Suecia, orientados a la protección específica de sus cuerpos de agua dulce (Ahl, H. T., 1985). La URSS ha puesto en ejecución programas extraordinarios para reciclar hasta el 90% (y en un futuro

CUADRO 8

INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA PARA RIOS SELECCIONADOS 1970-1983

Países	Ríos	OXIGENO DISUELTO (DO) <sup>a</sup>				Promedio por los últimos 3 años	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO (BOD) <sup>a</sup>				Promedio por los últimos 3 años
		1970	1975	1980	1983		1970	1975	1980	1983	
CANADA	San Lorenzo	8.1	10.0	x	x	x	x	x	x	x	x
ESTADOS UNIDOS	Delaware-Trenton	9.6	10.8	11.9	10.3	11.1	1.9	2.0	2.2	2.6	2.8
	Mississippi-Sn.Francisco	8.4	8.5	8.3	8.9	8.9	2.4	2.2	1.7	1.1	1.8
JAPON	Ishikari	8.7	10.7	10.6	10.6	10.5	1.7	1.4	1.4	1.5	1.4
	Yodo	8.3	8.9	9.0	8.2	8.0	3.6	3.2	3.8	4.2	4.1
AUSTRALIA	Brisban Estuarino <sup>bc</sup>	x	5.6	6.4	6.0	6.2	x	1.6	1.0	1.2	1.2
NUEVA ZELANDA	Walkato <sup>d</sup>	x	9.0	X	X	X	x	1.5	x	x	x
BELGICA	Meuse-Heer/Ag <sup>e</sup>	8.2	10.8	10.6	x	10.7	4.4	6.6	4.2	x	4.7
	Meuse-Lanaye	7.7	8.9	9.5	x	9.2	12.5	4.7	3.9	x	4.0
	Escaut-Bleharies	x	4.0	5.9	x	4.7	x	24.1	10.7	x	9.6
DINAMARCA	Escaut-Doel <sup>e</sup>	6.2	1.3	1.9	x	2.1	4.0	8.2	5.0	x	14.0
	Gludenna	x	x	9.7	10.7	10.2	x	x	3.4	4.5	4.3
	Skjernaa	X	X	10.5	10.4	10.4	x	x	7.3	8.0	8.3
	Sussa	x	x	x	8.7	9.1	x	x	x	2.0	2.1
FINLANDIA	Tornionjoki	11.9	11.9	12.0	x	11.9	1.6	1.6	x	x	1.7
	Kyrnjojoki	9.5	10.8	9.9	x	10.8	3.5	4.4	x	x	1.7
FRANCIA	Loire-Nantes <sup>eh</sup>	10.7	11.1	11.8	12.0	11.6	6.7	4.4	6.6	6.7	6.0
	Sena-Tancarville <sup>eh</sup>	x	3.3	4.9	5.9	5.2	x	10.2	6.6	4.1	4.9
Garonne-Bordeaus <sup>eh</sup>	9.7	9.9	10.1	9.9	9.9	9.9	2.2	1.5	2.3	2.3	2.1
	Rhin-Selz <sup>e</sup>	8.2	9.2	10.9	8.6	8.9	x	4.1	4.8	3.0	3.6
ALEMANIA	Rhin-Bimmen L.	5.6	6.5	8.4	9.1	9.0	6.1	6.9	3.6	3.5	3.6
ITALIA	Po	x	x	x	x	x	x	7.3	7.3	x	7.2

Cuadro 8 (Conclusión)

HOLANDA	Meuse-Keizersveer	8.6	9.4	10.0	9.7	9.8	6.2	4.2	2.3	2.0	2.3
	Meuse-Eijsden	9.8	9.5	9.8	8.7	9.1	4.1	3.7	2.8	2.8	3.8
	Scheur-Maasluis	x	7.1	8.1	8.7	8.5	x	3.3	2.2	1.5	1.9
	Ljssel-Kampen	6.7	6.7	8.1	8.2	8.4	5.7	6.3	3.9	2.3	2.7
NORUEGA	Skienselva	x	x	x	6.0	x	x	3.5	3.5	x	x
PORTUGAL	Tejo	9.0	x	9.0	x	x	1.6	x	2.5	x	x
ESPAÑA	Guadalquivir <sup>ba</sup>	x	x	x	x	x	x	12.3	11.8	x	8.2
SUIZA	Rhin-Village	11.6	11.2	10.3	10.2	10.4	x	x	x	x	x
	Aare-Brugg <sup>bg</sup>	x	10.2	10.2	x	10.4	x	x	x	x	x
	Limmat-Baden <sup>e</sup>	x	x	9.1	x	x	x	x	x	x	x
	Rhone-Port dy Seex <sup>bg</sup>	x	10.7	10.9	x	11.0	x	x	x	x	x
	Lármesís	x	10.8	9.9	9.8	9.9	x	4.2	x	x	4.0
REINO UNIDO	Severn	x	10.5	10.3	11.5	10.7	x	3.9	x	x	3.0
	Clyde	x	7.7	9.4	8.4	8.5	x	7.3	5.6	x	5.3
	Mersey	x	5.1	6.1	6.1	6.1	x	8.6	x	x	x
	Dunau	9.6	9.1	9.2	x	9.5	3.4	2.5	3.5	x	3.7
YUGOSLAVIA	Drava	8.8	7.4	10.1	x	10.0	3.4	2.6	3.1	x	3.1

X = No disponible.

- Medida en la cuenca alta o frontera del río.
- Dato de 1975 referido a 1976.
- Dato que se refiere al año fiscal (p.e. 1983), se refiere a 1982-1983.
- Dato aproximado.
- Dato de 1970 que se refiere a 1971.
- Dato de 1970 que se refiere a 1972.
- Dato de 1980 que se refiere a 1979.
- Dato de 1983 que se refiere a 1982.
- Dato de 1980 que se refiere a 1978.

FUENTE: Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCED), 1985.

cercano hasta el 100%) de sus aguas residuales (Kaminsky, V. S.,<sup>1</sup> 1984).

Japón ha alcanzado éxitos notabilísimos en el tratamiento de sus aguas residuales y hoy se orienta de lleno al perfeccionamiento de los sistemas biológicos (Kubo, T. 1983). En otras partes del mundo industrializado las legislaciones para controlar las emisiones tóxicas se han endurecido con serias penalidades al infractor. También se han montado sistemas de información sobre el control de químicos tóxicos en el ambiente a niveles nacionales, regionales y mundial (Norman, G. J. 1978).

Desafortunadamente, es otra la tendencia que muestra el estado de estas medidas de control de la contaminación en el Tercer Mundo. La mayoría de las actividades industriales que se llevan a cabo en los países subdesarrollados están estrechamente vinculadas al procesamiento de sus materias primas agropecuarias, forestales y minerales. Estas industrias procesan productos destinados a los mercados externos. Requieren, por tanto, de ubicaciones estratégicas con respecto a los movimientos del comercio internacional. Por estas razones se ubican a menudo en áreas críticas de sus ambientes acuáticos (Fano, E. y Brewster, M., 1982). Es el caso, por ejemplo, de las industrias azucareras, algodoneras y cerveceras, establecidas a lo largo del río Níger, en Nigeria. La descomposición biológica de los desechos orgánicos ha causado la desoxigenación de las aguas y, por consecuencia, la desaparición de las pesquerías. El alto contenido de materia coloidal de las cervecerías ha reducido la penetración de la luz, interfiriendo y perturbando los procesos fotosintéticos. Los desechos alcalinos han afectado también la vida acuática de este sistema fluvial (Eghuniwe, N. 1982). En Egipto, las industrias textiles, procesadoras de alimentos, papeleras y tenedurías, asentadas en el área metropolitana de Alejandría, descargan sus desechos sin ningún tratamiento en una amplia zona del Delta del río Nilo y en el gran lago Mayrut, lo que ha hecho declinar en un 80% las pesquerías del área (Hamza, A. y Gallup, J. D., 1982). En Tailandia, la expansión de la industria azucarera a lo largo del río Maeklong, ha significado la desaparición de las pesquerías en un largo tramo de un sistema hasta hace poco tiempo bastante productivo (Fond y Brewster, 1982).

En Malasia, el desarrollo de inmensas plantaciones de co-

co y hule, y de las industrias aceiteras y huleras, produjo la contaminación severa de sus sistemas fluviales, la destrucción de sus pesquerías y el deterioro de la salud de su población (Suhaimi, A., 1983). En el sureste mexicano, las actividades agroindustriales alrededor de las grandes plantaciones de caña de azúcar, cacao, coco, banana y arroz, han sometido a tensiones muy deficientemente conocidas a los ambientes costeros del área (Toledo, 1982).

Junto a estas actividades tradicionales se han desarrollado en los últimos años procesos explosivos de crecimiento industrial vinculados a la explotación, el procesamiento y el transporte de hidrocarburos en algunas regiones con abundantes reservas en el Tercer Mundo. Esto ha dado un giro más dramático a las tensiones a las que se encuentran sometidos los recursos acuáticos del planeta. Los complejos portuario-industriales en el Golfo Pérsico (Abadan, Mina al-Ahmadi, Ras Tanura; Al Jubail, Abu-Dhabi; Bander Khomeini) y en el sureste asiático, China (Yinchuan, Jinan, Louyang) y la India (Bombay, Calcuta, Madrás); los desarrollos industriales a base del procesamiento de los hidrocarburos en Argelia (Orán), Egipto (Alejandría), Nigeria (Porth Artur); y los complejos portuarios en América Latina: Argentina (La Plata), Venezuela (Maracaibo), México (Dos Bocas, Coatzacoacós-Minatitlán), dan cuenta del acelerado proceso de deterioro de sus sistemas acuáticos, especialmente de sus ríos.

El presente estudio es una contribución al análisis de los problemas que los procesos de modernización de las estructuras productivas plantean al mantenimiento de uno de los más valiosos recursos naturales de la tierra: los ríos.



PRIMERA PARTE  
LA REGION DEL RIO COATZACOALCOS



# I. EL MEDIO FISICO

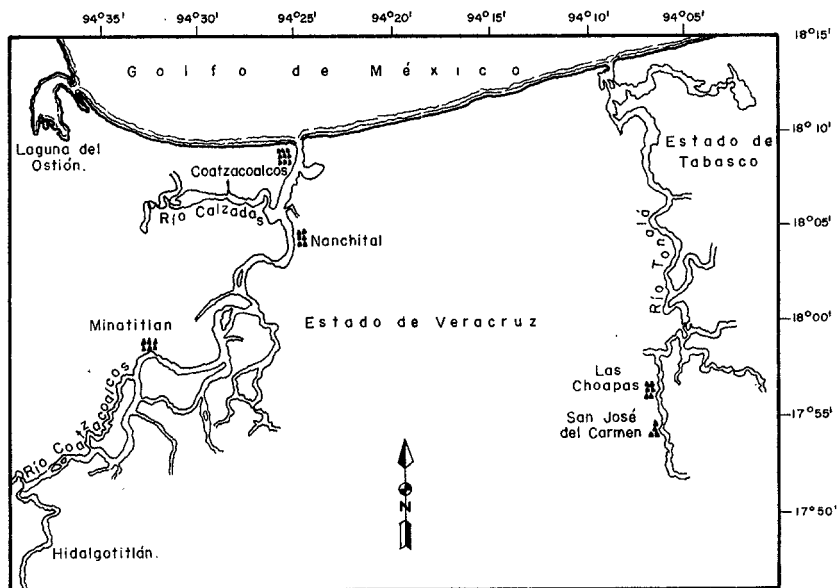
## 1. *Los sistemas acuáticos*

El agua es, sin duda, el elemento más importante en el análisis del medio natural de esta región, pues un parte importante se forma de tierras inundables o inundadas, y la cruzan importantes vías fluviales. El sistema hidrológico de la zona pertenece a la región número 29 (SRH, 1975) y se encuentra en la vertiente del Golfo de México. La vía fluvial más importante es el río Coatzacoalcos; éste y sus afluentes dividen la región en dos, cerca de la desembocadura, y la disectan y fraccionan a medida que se remontan (mapa 1 ). El límite oriental de la región es el río Tonalá, la otra vía del agua mayor, el cual también es el límite entre Veracruz y Tabasco. En la parte noroeste se localiza un sistema fluvial menor, formado por pequeños ríos y arroyos que se originan en la Sierra de Santa Martha y desembocan en tierras inundadas de la planicie costera o en la laguna del Ostión, el principal de los cinco cuerpos lagunares de importancia en la zona. Esta laguna tiene una superficie aproximada de 12.7 km<sup>2</sup>, y la alimentan pequeños ríos y arroyos que provienen de las faldas del Volcán San Martín; entre ellos están los arroyos Huazuntlán y Xochiapa (mapa 2).

Segunda en extensión, con 12.2 km<sup>2</sup> de superficie, la laguna de Mezcalapa se sitúa entre Cuichapa y río Uxpanapa, en el sur de la región de estudio. Desgraciadamente, esta laguna tiene pobre comunicación con los asentamientos humanos principales, ya que podría ser un recurso turístico y de esparcimiento importante.

En este sentido, la laguna de Tortuguero, con una superficie de aproximadamente 1.5 km<sup>2</sup>, presenta mayores posibilidades. Está situada cerca de la costa, entre las desembocaduras de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, y se halla relativamente bien comunicada con Agua Dulce, Allende y Coatzacoalcos.





MAPA 2. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

Casi en la desembocadura del Coatzacoalcos, en la ribera derecha, se encuentra la laguna de Pajaritos, en cuyas orillas se localiza el complejo industrial del mismo nombre. Es relativamente pequeña ( $1.5 \text{ km}^2$ ) y tiene serios problemas de contaminación industrial.

Finalmente, el río Calzadas (en su ensanchamiento próximo al puerto de Coatzacoalcos, pero de difícil acceso) forma la laguna de Tepache, con una superficie aproximada de  $2 \text{ km}^2$ .

### *Río Coatzacoalcos*

Nace en el estado de Oaxaca, en la Sierra Atravesada, a más de 2 mil metros de altura. En la primera parte de su recorrido atraviesa una zona montañosa de topografía complicada, y recibe numerosos pequeños afluentes difíciles de identificar. Es una zona poco conocida y poco poblada. Más adelante se le llama río del Corte y recibe muchos afluentes, especialmente en su margen izquierdo, los cuales descienden desde el parte-aguas hasta la Sierra Madre de Oaxaca, en la vertiente del Golfo.

A la altura de Santa María Chimalapa, su rumbo oeste cambia en dirección norte. En este tramo toma como afluentes, por su margen izquierdo, a los ríos Chichihua, Almoloya, Malatongo y Sarabia. Al cruzar Sochiapa en Veracruz, toma una dirección NNE, que conserva hasta la desembocadura. Allí recibe un afluente de importancia: por la ribera izquierda, el río Jaltepec; a la altura de la Estación Hidrométrica Jesús Carranza 1, drena una olla hidrográfica de  $3,331 \text{ km}^2$ . Un poco más adelante está la Estación Hidrométrica Las Perlas, única sobre el cauce principal y más cercana a la costa (a unos 140 km de distancia). A esta altura, la cuenca drenada por el Coatzacoalcos y sus afluentes es de  $9,224 \text{ km}^2$ .

A partir de este punto, el cauce se vuelve divagante, con numerosos meadros, y forma varias lagunetas y esteros e incluso un doble cauce a la altura de Hidalgotitlán, Veracruz (mapa 1). Pese a ello, recibe algunos afluentes importantes, especialmente por su margen derecho: el Solosúchil, el Coachapa y el Uxpanapa. Este último entra al cauce principal 5 km abajo de Minatitlán. Se trata de un río notable, que nace en Oaxaca, tiene una longitud aproximada de 185 km y drena una cuenca de  $4,803 \text{ km}^2$  cerca de la desembocadu-

ra; el Coatzacoalcos recibe por su margen derecho al río Calzadas, el cual viene desde la serranía de San Andrés Tuxtla, donde se le conoce como río Huazuntlán. Es un afluente de menor importancia que drena una cuenca de unos  $1\ 80\text{ km}^2$ , con un gasto medio de  $7\text{ m}^3/\text{s}$ .

Los datos disponibles del gasto del Coatzacoalcos son poco significativos: corresponden a los medidos en la Estación Hidrométrica de Las Perlas, situada a 24 km de Jesús Carranza, Veracruz, y a unos 140 km aguas arriba de la desembocadura. Por lo tanto, estos datos no toman en cuenta la cuenca drenada aguas abajo y el aporte de los afluentes, en especial del Uxpanapa, del cual no se conocen datos de gasto. En Las Perlas, el gasto medio del Coatzacoalcos es ya de  $410\text{ m}^3/\text{s}$ , lo que da una idea de la importancia de esta vía. Debido a las tormentas tropicales y la extensa cuenca drenada, el gasto es muy variable, y en la temporada de lluvias alcanza valores de 2 mil a 3 mil  $\text{m}^3/\text{s}$ . Este gasto alcanzó en esta estación la cifra excepcional de  $7,061\text{ m}^3/\text{s}$  el 24 de septiembre de 1963 (SARH, Boletín Hidrológico N° 37, 1 975).

### *Río Tonalá*

Esta corriente nace en los límites de Veracruz, Tabasco y Chiapas, en la Sierra Madre de Chiapas, a unos 100 metros de altitud. Prácticamente en todo su recorrido sirve como división política entre Veracruz y Tabasco. En el tramo original se llama río Pedregal. El cauce principal sigue una dirección general NNO, de modo que hacia la orilla izquierda el área drenada total ( $2,344\text{ km}^2$ ) pertenece a Veracruz. Hacia la ribera derecha el área es de  $3,335\text{ km}^2$ , indicio de la gran importancia de esta corriente, que también es navegable en estiaje en más de 300 km de su recorrido total, incluidos sus afluentes. En su curso atraviesa poblaciones como Francisco Rueda, Las Choapas y Tonalá. La longitud total del cauce principal es de 150 km, de los cuales 120 se desarrollan abajo de los 200 metros de altitud, lo que da lugar a un tramo sinuoso y con algunas lagunas hacia la parte final del recorrido (mapa 2).

Los afluentes izquierdos, citados de aguas arriba hacia abajo son: el río Playas o Xocoapan, que nace en el cerro del Mono Pelado, tiene dirección general hacia el noreste, pasa

por Pueblo Viejo y San Pedro y entra al Tancochapa, nombre del Tonalá en su curso superior, a 10 km aguas arriba de Francisco Rueda, Tabasco. En la parte baja, el Tancochapa, recibe la aportación de los arroyos Pesquero y Piedras.

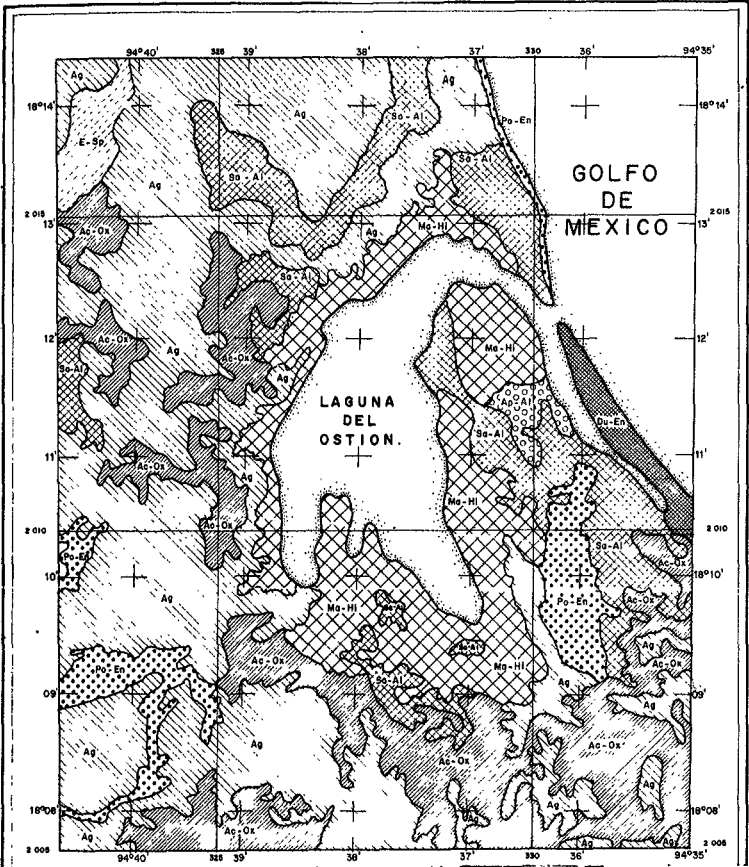
Por la derecha, como afluentes tabasqueños, entran en sucesión los ríos Zanapa, Blasillo y Chico Zapote. DQ ellos el más importante es el primero, que tiene como afluentes izquierdos los arroyos Mosquitero, Hondo Chico y Hondo Grande; estas tres corrientes siguen una dirección hacia el noreste y forman una laguna alargada, laguna Rosario, cuyo desfogue es una aportación izquierda al ría Zanapa, que se origina al suroeste de Huimanguillo con el nombre de río Coacajapa y cuenta con un afluente, el arroyo El Limón. No obstante la importancia de este río, no ha sido posible instalar en él ninguna estación hidrométrica, principalmente porque las mareas lo afectan en una gran longitud arriba de su desembocadura.

### *Laguna del Ostión*

Posee Una superficie de  $12.7 \text{ km}^2$  y se ubica en las inmediaciones de la cuenca hidrológica del Coatzacoalcos y la vertiente del Golfo de México, entre los  $118^{\circ} 11'$  latitud norte y  $92^{\circ} 37'$  longitud oeste. Tiene una profundidad promedio de 3 metros y posee marcadamente dos tipos de agua: una salobre y otra salina. La primera se distribuye mayormente del centro a la ribera sur de la laguna; la segunda, del centro al noroeste. Esta distribución se debe principalmente al aporte del agua dulce suministrada por los ríos Huazuntlán, Minzapan y Temoloapan en la parte sur y sureste, con un gasto máximo promedio aproximado de  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  durante la época de lluvia, el cual se reduce a  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  en el estiaje. Por la parte noreste se comunica con el mar, a través del Golfo de México, y da lugar al flujo y reflujo del agua salina, de los nutrientes y de la fauna marina (mapa 3).

La temperatura predominante de esta región es de  $25^{\circ}\text{C}$ ; la máxima está cercana a los  $27^{\circ}\text{C}$  y la mínima a los  $22^{\circ}\text{C}$ . La humedad relativa típica es de 80%, y la precipitación pluvial es de 1,595 mm.

MAPA 3



LAGUNA DEL OSTION: LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y SUS TIPOS DE SUELO Y VEGETACIÓN

0 1000 2000 3000 4000 MTS.

Municipio: Pajapan, Edo. de Veracruz.



CLAVE	VEGETACION	SUELOS
Mg - HI	Manglar	Histosol
Du - En	Vegetación de Dunas costeras	Entisol
Ac - Ox	Acahuales Altos.	Oxisol
Po - En	Popal	Entisol.
Ap - Al	Apompal	Altisol.
E - Sp	Encinar	Spodosol
Sa - Al	Sabana	Altisol
Ag	Agrícola	

## **2. La climatología**

*Lluvia.* Hacia la zona alta, dentro de Oaxaca, se registraron láminas medias anuales de precipitación pluvial hasta de 2,733 mm. Este es un valor máximo que disminuye a medida que se consideran puntos más meridionales de la cuenca: 2,230 mm en Jaltepec, Oaxaca; 1,310 mm en Matías Romero y un mínimo de 1,117 mm en Santiago Chivela. En general la estación más lluviosa es el verano, pues los meses de máxima precipitación son de junio a septiembre, y caen lluvias prácticamente todos los meses del año, con valores mínimos en invierno.

*Temperatura.* Varía entre extremos muy amplios. Se tiene registrado un mínimo de  $4^{\circ}\text{C}$  y un máximo de  $48^{\circ}\text{C}$ . El promedio de la temperatura media resulta muy poco variable a través de toda la región: desde  $23.5^{\circ}\text{C}$  en Puxmecatán hasta  $26.9^{\circ}\text{C}$  en Jesús Carranza. Su clasificación corresponde a "clima cálido sin estación invernal bien definida".

*Evaporación.* El mínimo registrado es el valor de 1,047 mm en Mosquitero, Tabasco; el máximo es en Coatzacoalcos: 2,510 mm. Salvo el valor promedio calculado para Coatzacoalcos (2,068 mm), todos los demás muestran una relativa uniformidad: alrededor de 1,170 mm. Se exceptúa también el de Santiago Chivela, la estación más al sur de la región.

## **3. Los parámetros hidrológicos**

### *Río Coatzacoalcos*

La hidrología del río Coatzacoalcos se determina por el régimen de precipitación pluvial anual que ocurre en la parte alta de su cuenca; su gasto hidráulico o caudal hídrico fluctúa entre 79 y 1,375  $\text{m}^3/\text{seg}$ , con valores medios anuales de 169  $\text{m}^3/\text{seg}$  en mayo y 4,120  $\text{m}^3/\text{seg}$  en septiembre. Aportes adicionales al sistema provienen de la ciudad y de la refinera de Minatitlán con 0.610  $\text{m}^3/\text{seg}$ , el complejo industrial de Pajaritos con 1  $\text{m}^3/\text{seg}$  y de Puertos Libres Mexicanos con 780  $\text{m}^3/\text{seg}$ . Los caudales de dilución aproximados son de 390  $\text{m}^3/\text{seg}$  en marea alta y de 490  $\text{m}^3/\text{seg}$  en marea baja (Juárez-Olvera, 1978).

a) *Salinidad.* Los valores obtenidos manifiestan un com-

portamiento relacionado con el régimen anual de precipitación pluvial en la zona de estudio, y se registran valores de 0 a 36°C. Se pudo observar claramente dos periodos a lo largo del ciclo anual; el de dominio marino (correspondiente a la época de seca y que comprende de mayo a julio de 1983 y de enero a mayo de 1984); y un segundo de dominio limnético que correspondió a la época de lluvias y que abarca de agosto a noviembre de 1983. Durante la época de seca, el sistema se caracterizó por definir una estratificación; ésta se manifestó por un gradiente que va del fondo a la superficie con la consecuente formación de un estuario típico, el cual alcanza una extensión aproximada de 40 km y desaparece completamente en agosto, a causa del dominio de las aguas limnéticas (figuras 1 y 2, vol. 8 de esta serie).

*b) Temperatura.* El sistema del río Coatzacoalcos a lo largo del ciclo anual exhibe oscilaciones térmicas en la superficie como en el fondo; ésta se relaciona directamente con las condiciones climáticas de cada una de las estaciones del año, y los valores mínimos se registraron en enero y los máximos durante mayo y junio. Se observó una ligera estratificación de la superficie al fondo y una depresión en los valores de temperatura de fondo en la estación 7, que corresponde a la desembocadura del río Uxpanapa. Ello limita parcialmente la influencia marina y abate los valores de temperatura, por lo que éstos son ligeramente mayores en la parte media-alta del río (figuras 3 y 4, vol. 8 de esta serie). En el río Calzadas, no se presentó una acentuada estratificación durante la época de seca, y se notó una tendencia a exhibir valores homogéneos en la columna de agua.

*c) Oxígeno disuelto.* Los valores registrados de este parámetro fueron de 0.8 a 14 ppm en la superficie y de 0 a 8.6 ppm en las determinaciones de fondo. Se observaron las variaciones de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo, y los registros en superficie se caracterizaron por una variación tanto en espacio como en tiempo: las menores concentraciones de este gas correspondieron a mayo y junio de 1983 en la parte alta de la zona de estudio, época que coincidió con el periodo de seca y de dominio marino; las concentraciones más altas se registraron durante los periodos de otoño e invierno en toda el área de estudio. Debe señalarse el claro registro de un núcleo de alta concentración de oxígeno disuelto de superficie en el cauce principal del río

que comprende de la estación 3 a la 7 durante la época de seca; su presencia se repite en la misma época y en las mismas estaciones durante abril de 1984.

La sección del río Calzadas muestra un comportamiento similar a la del río Coatzacoalcos y las mayores concentraciones de oxígeno disuelto se registran durante los periodos de primavera y verano; se explica este comportamiento por la gran abundancia de fitoplancton, fenómeno que se discute en este estudio. Las menores concentraciones de oxígeno disuelto de fondo se registraron en el sistema durante el periodo de seca, debido al poco caudal, lo que propició una acumulación de materia orgánica; ésta, al ser degradada, consume y disminuye las concentraciones del gas, y se presentan probablemente estados de anoxia completa en las estaciones 9, 10 y 11 del cauce principal. Las mayores concentraciones de oxígeno de fondo se registraron en los periodos de otoño e invierno, época caracterizada por bajas temperaturas y un mayor caudal.

d) *Factor pH*. Se determinó de manera sistemática a partir de julio de 1983, y los valores fluctuaron de 5.3 a 8.5 unidades en la superficie y de 5.2 a 8.6 unidades en el fondo. Con base en los resultados obtenidos por Juárez-Olvera (1978), se esperaba alcanzar registros drásticos del pH; sin embargo, las fluctuaciones de los valores tienden hacia la neutralidad, lo que nos hace inferir un alto caudal de dilución del sistema y una alta concentración de bicarbonato; todo ello ha contribuido determinadamente a amortiguar los efectos de los vertidos ácidos que efectúan las industrias petroquímicas en la región (figuras 7 y 8, vol. 8 de esta serie).

e) *Transparencia*. Se pudo observar que los valores máximos de transparencia del agua se registraron durante marzo, abril y mayo, y los menores de julio a octubre. En términos generales, la transparencia del agua se relaciona con las estaciones del año, pues mientras en la seca la transparencia es alta, ésta se reduce notablemente durante el periodo de lluvia, debido a la gran cantidad de sólidos en suspensión acarreados por el sistema.

Considerando la clasificación propuesta por Pritchard (1955) y con base en el análisis de los datos anteriores, el río Coatzacoalcos se puede considerar desde un punto de vista geomorfológico como un "estuario de planicie

costera". De acuerdo con el patrón de circulación registrado durante la época de seca, se le cataloga como "un estuario parcialmente mezclado", mientras que la sección del río Calzadas resulta ser del tipo "verticalmente homogéneo".

## Río Tonalá

Se considera que influyen en la hidrodinámica del río Tonalá las condiciones meteorológicas que prevalecen durante las diferentes épocas del año; la precipitación pluvial es el factor determinante en la modificación del caudal y el flujo del río.

a) Salinidad. Los valores de salinidad de fondo y superficie registrados durante el ciclo anual de estudio en el río Tonalá fluctuaron de 0 a 35 oloo, que corresponden a la época de lluvia y al periodo de baja precipitación pluvial, caracterizado este último por mostrar en el sistema una acentuada influencia de aguas de origen marino. Se analizó la variación estacional de la salinidad de superficie y fondo, y se observa que en el cauce principal del río la intrusión de aguas de origen marino ocurre durante el periodo que comprende de febrero a julio de 1983; en abril, mayo y junio se registraron los valores más altos de salinidad, con un acentuado dominio de este tipo de aguas en toda el área de estudio. Durante este periodo, el sistema presenta una marcada estratificación salina; a partir de julio las aguas mixohalinas tienden a reducirse espacialmente y desaparecen finalmente en agosto, para ser reemplazadas por aguas de tipo limnético, que dominaron hasta enero de 1984 (figuras 1 y 2, vol. 7 de esta serie).

La rama de Cinco Presidentes mostró un comportamiento distinto al observado para el cauce principal del río, pues la permanencia de las aguas de tipo mixohalinas se prolonga hasta agosto y no presenta una estratificación definida; se explica este comportamiento por la poca profundidad del área y por el reducido aporte de aguas limnéticas.

Con base en el análisis anterior y considerando la clasificación de Pritchard (1955), la zona de estudio desde un punto de vista geomorfológico, se puede clasificar como "un estuario de planicie costera"; con base en el patrón de circulación, el cauce principal del río Tonalá exhibe un estuario del tipo "parcialmente mezclado" de febrero a julio, mientras que en la rama de Cinco Presidentes hay un estuario del tipo "verticalmente homogéneo".

*b) Temperatura.* Los valores de temperatura registrados en la columna de agua fluctuaron de 21.5 °C (periodo invernal) a 35°C (periodo primavera-verano). Los más altos se registraron durante mayo a julio de 1983, mientras que los más bajos correspondieron al periodo de noviembre de 1983 a enero de 1984. Durante el más caluroso en las estaciones de la parte media-baja del cauce principal del río se presentó una estratificación térmica; ésta se manifestó por medio de un gradiente, que va de la superficie al fondo con diferencias de hasta 5 °C. Las variaciones espaciales de temperatura de superficie dependen en parte del ciclo diario de la incidencia solar, pues estos registros se hicieron de día (figuras 3 y 4, vol. 7 de esta serie).

En la sección de Cinco Presidentes, se observa cierta homogeneidad en los registros de temperatura de superficie y fondo, debido a la escasa profundidad y al patrón de circulación, lo que origina un calentamiento uniforme de la columna de agua.

*c) Oxígeno disuelto.* Los valores de este elemento registrados en la columna de agua fluctuaron de 0.4 ppm a 8.4 ppm en la superficie y de 0.2 ppm a 6.2 ppm en el fondo. En las estaciones 3 a 9, localizadas en la parte media-alta del río, se registraron los valores más bajos de oxígeno disuelto de superficie, durante los meses de agosto y septiembre, periodo en el que se presentan las grandes avenidas, con el consecuente acarreo de una gran carga de materia orgánica y terrígenos en suspensión coloidal; con éstos el oxígeno disuelto del sistema puede llevar a cabo dos procesos:

1. Puede ser empleado en la degradación de la materia orgánica y disminuir su concentración en el medio.
2. Se puede combinar con las partículas de terrígenos a través de la adsorción, lo que también hace que disminuya su concentración en el medio (Fornworth y Golley, 1974).

Los valores más bajos de oxígeno disuelto en el fondo se registraron en la parte media-alta, durante el periodo comprendido de los meses de abril a septiembre; se registraron concentraciones cercanas a cero de este gas durante abril, mayo y junio; esta época coincide con el dominio de las condiciones estuarinas, caracterizadas por una baja tasa de circulación, con la consecuente acumulación de una gran carga de materia orgánica en el fondo. Las mediciones de

oxígeno disuelto en el fondo se hicieron a 60 cm aproximadamente de la superficie del sustrato, lo que nos hace inferir que el sistema en su lecho durante esta época se encuentra posiblemente en estado anóxico.

En la zona de Cinco Presidentes, los valores de oxígeno disuelto, tanto de superficie como de fondo, muestran un comportamiento más o menos homogéneo, debido a la poca profundidad y al tipo de circulación que muestra el sistema. Debe señalarse una interferencia en la determinación de este parámetro durante octubre y noviembre, cuya causa se desconoce, pero que alteró las reacciones características de la técnica de Winkler.

*d) Transparencia.* Los valores máximos de transparencia del agua ocurren durante marzo, abril y mayo, mientras los menores de julio a octubre.

En términos generales, la transparencia se relaciona con las estaciones del año, pues mientras en la seca es alta, ésta se reduce notablemente durante el periodo de lluvia por la gran cantidad de sólidos en suspensión acarreados por el sistema.

### *Laguna del Ostión*

El hidroclima del sistema puede caracterizarse de la siguiente manera: la salinidad revela un régimen claramente dependiente de los factores climáticos y de la avenida de los ríos Huazuntlán, Metzapan y Temoloapan. Los valores más bajos de salinidad de superficie corresponden al mes de septiembre (0-5 o/oo) y los más elevados a marzo (30-38 o/oo) (figura 7, vol. 9 de esta serie).

La temperatura ambiental muestra una variación de 21 ° a 38 ° C, registrados en enero y junio, respectivamente. Por otra parte, los valores de temperatura de superficie registrados en el agua fluctuaron entre 22 y 31 °C; los valores más altos correspondieron a los periodos de marzo y septiembre y los más bajos a enero (figura 8, vol. 9 de esta serie).

La concentración de oxígeno muestra una variación entre 1 y 7 ppm; se observaron las concentraciones más altas en marzo (figura 9, vol. 9 de esta serie). Los valores de transparencia en el sistema fluctúan entre 0.5 y 1 m; los más altos se registraron durante marzo y los más bajos durante septiembre (figura 10, vol. 9 de esta serie).



esta región del Tercer Mundo al espacio industrial de la producción de hidrocarburos dominado por el capital monopolista transnacional.

El petróleo crudo con destino a la refinería era embarcado en chalanes o conducido, más tarde, en oleoductos -hacia 1920 en la región ya se habían instalado más de 40 mil metros de tuberías- y los productos refinados efectuaban la travesía hacia Coatzacoalcos en buquetanques. Y de allí, hacia el exterior.

Con el auge de las explotaciones petroleras de la costa norte del Golfo de México -la llamada Faja de Oro- las instalaciones portuarias de la región cobraron una intensa actividad debido a que una proporción considerable de los crudos de estos campos se refinaron en Minatitlán. En 1909, salió de los astilleros de Newcastle el primer buquetanque abanderado de México. Construido por la Compañía Swan Hunter & Wigham Richardson Ltd., bautizado con el nombre de "San Antonio", con capacidad de 56,668 barriles. Su propietario, la compañía inglesa de Pearson, recién bautizada como compañía Mexicana de Petróleo "El Aguila", le asignó la misión exclusiva de transportar el petróleo de los campos petroleros gigantes de Tuxpan a la refinería de Minatitlán.

A principios de los años veinte -cuando México se convirtió en el segundo productor mundial de hidrocarburos- el complejo portuario construido en el Delta del Coatzacoalcos ya se encontraba inmerso en la acelerada producción industrial del petróleo a escala mundial. Hacia 1917, las exportaciones de petróleo refinado por el puerto de Coatzacoalcos ascendieron a 149,555 toneladas y en 1919 aumentaron a 285,262 toneladas.

Esta intensa actividad alrededor del petróleo generó un cierto crecimiento poblacional en Coatzacoalcos, que para 1921 ya contaba con 7,500 habitantes. Y Minatitlán era ya un ejemplo de ciudad petrolera tercermundista al estilo de la clásica "Company-Town", de 10 mil habitantes.

Entre 1923 y 1935, periodo de la reorganización de la geografía mundial del petróleo, con la declinación de los yacimientos petroleros mexicanos, una vez agotados los años de sus explotaciones devastadoras, y con el surgimiento de Venezuela como potencia petrolera, la región vivió el periodo final de este modelo monoexportador bajo el control directo

de las empresas petroleras multinacionales. En 1923 "El Aguila", ya en manos de la poderosa transnacional Royal Dutch Shell, inició un periodo de intensa actividad en la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec. En ese año, en efecto, puso en marcha la explotación de los pozos del campo llamado Francita o Filisola, ubicado sobre la margen derecha del río Uxpanapa, tributario del Coatzacoalcos, a 46 km de Minatitlán. En 1928, dos nuevos campos iniciaron sus actividades, los conocidos como Teapa y Tonalá, entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá. En 1931, entraron en fase de explotación dos nuevos campos petroleros que con el tiempo se convertirían en gigantes, los conocidos como El Plan y El Burro, sobre la margen izquierda del río Tonalá. Finalmente, en 1935, se declararon en producción los pozos del campo Cuichapa, al sur de la planicie costera.

La lógica de la acumulación de capital de este modelo exportador basado en la apropiación de las distintas clases de rentas diferenciales -*la renta minera*, derivada de la extraordinaria fertilidad de los yacimientos de la costa norte del Golfo de México; *la renta deposición*, dada por su relativa facilidad de acceso a la sociedad energívora por excelencia: los Estados Unidos Unidos; y *las rentas tecnológicas*, obtenidas por el control de las técnicas sofisticadas de refinación- imponía la exigencia de minimizar los gastos que, desde el punto de vista de la acumulación capitalista de la rentabilidad, no crearan ningún valor nuevo. Desde esta perspectiva, los gastos destinados a la reproducción de la fuerza de trabajo, como viviendas, servicios médicos, comedores, transportes, y demás, eran erogaciones que afectaban de un modo directo a la acumulación. Tales gastos entraban en abierta contradicción con un sistema de producción basado en la acumulación y no en el bienestar humano (Angelier, J.P., 1976).

Por otra parte, al interior de la producción las exigencias de la reproducción del capital imponían a las empresas multinacionales la condición ineludible de contar con una mano de obra altamente especializada, prácticamente en todas las fases de la producción de hidrocarburos, pero especialmente en los procesos de refinación.

Estas dos exigencias de la acumulación capitalista determinaron el comportamiento de las empresas multinacionales que explotaron los yacimientos petroleros mexicanos, tanto

al interior de la producción como fuera de ésta. A lo largo de todos los procesos que integran el sistema energético de producción de hidrocarburos, el control de los conocimientos técnicos fue extremadamente riguroso. La organización de la producción se ajustó a los esquemas de comportamiento industrial creados por estas sociedades multinacionales. Sólo el ejemplo de lo que ocurría en 1916 en la refinería de Minatitlán bastará para ilustrar esta clase de organización:

"El personal administrativo de la refinería es extranjero; el que se entiende directamente con la parte económica y administrativa es inglés; el personal técnico que se encarga de la refinería es austriaco, con excepción de los ingenieros civiles, que son ingleses. Los obreros todos son mexicanos... Los extranjeros siempre muestran muchas reservas de sus conocimientos, ya sea por egoísmo personal o por indicaciones de la Compañía, pero el resultado es que al mexicano nunca se le ha dado la oportunidad de mejorar..." (Boletín Petrolero, 1921).

Para tener una dimensión exacta de lo que ocurría fuera de la producción, es indispensable partir de un hecho social y cultural de extrema importancia. La parte de la planicie costera situada entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá fue el asiento de una de las mayores civilizaciones surgidas a lo largo de la historia humana: se trata, en efecto, del Área Metropolitana de la Cultura Olmeca. Resulta por esta razón imposible no tomar en cuenta el significado que esta región tenía para las antiguas culturas que florecieron en Mesoamérica. Sahagún nos trasmite algunas ideas acerca de su extremo valor:

"... allí se da mucho cacao y la rosa o especie aromática llamada *teonacatzli*, y el otro género de cacao que se llama *quapat/achtli*. Dáse también allí el ulli y la rosa que llaman *yoloxochitl*, y todas las demás rosas que son muy apreciables. De allí es la madre de las aves que crían pluma muy rica, y papagayos grandes y chicos, y el ave que se llama *quetzaltotitl*; también se traen de allá las piedras muy ricas de Chalchihuites, y las piedras turquesas; allí se halla también mucho oro y plata; tierra cierto fertilísima, por lo cual la llamaron los antiguos Tlalocan, que quiere decir tierra riqueza, paraíso terrenal..." (Sahagún, B.: *Historia verdadera de las cosas de la Nueva España*).

En este reino de la abundancia y no de la miseria, se ubicaron los centros ceremoniales universalmente conocidos como La Venta y San Lorenzo. Los antiguos pobladores de esta región fueron principalmente agricultores, cazadores y pescadores, habitantes de un lugar estratégico para la comunicación entre las culturas del altiplano y los chontales y mayas; también practicaron el comercio. Tres siglos de colonización española fueron insuficientes para borrar las prácticas tradicionales, las creencias mágico-religiosas y los mitos de los habitantes de esta región del trópico húmedo del continente americano.

Sin duda el gran tema de reflexión es el de las condiciones materiales y espirituales que hicieron posible que los antiguos pobladores de esta región alcanzaran estadios tan altos de desarrollo cultural, que impulsaron de un modo tan decisivo el surgimiento de las grandes civilizaciones de Mesoamérica, sin destruir el potencial productivo del trópico.

Existe suficiente información histórica y etnológica que permite respaldar la afirmación de que la mayoría de los mecanismos productivos, biológicos y culturales que regulaban la vida de las poblaciones humanas en la planicie de inundación del sureste mexicano, guardaban el equilibrio que permitía obtener de su medio ambiente, sin destruir sus flujos energéticos, los suficientes recursos para satisfacer sus necesidades vitales (Harrison, P. 1978; Coe, 1978; Covarrubias, 1946; Bernal, I. 1975; De la Fuente, 1975 y 1977; Sterling, M. 1939; Piña Chan, P. 1982).

La colisión brutal de esta sociedad regulada por los ritmos físicos y biológicos que controlaban la vida en el trópico con el universo energívoro y tecnológico del capitalismo industrial, tuvo el efecto traumatizante y devastador de un triple desenraizamiento: cultural, temporal y axiológico. Cultural, porque significó la ruptura de la población con toda noción ancestral de tradición y continuidad. Hoy pocos pobladores tienen presente que se trata de la zona metropolitana de la cultura Olmeca. Esto es: el escenario de una de las mayores hazañas culturales de la humanidad. Temporal, porque al rechazar en bloque un pasado lleno de valores y experiencias vitales, se orientó de un modo lineal hacia un futuro regido por el progreso material y por los patrones de consumo de las sociedades industriales de las zonas templadas. La época de las compañías extranjeras fueron años en los que la inmo-

ralidad llegó a extremos inauditos. Finalmente, axiológico, porque con la introducción de la ética protestante-capitalista de la productividad material se operó una inversión radical de los valores que regularon en adelante los estilos de vida de esta región del trópico.

Estas fueron las significaciones más profundas de las prácticas de clase que rigieron la vida social en las poblaciones de la región, durante este periodo de explotación de los recursos petroleros mexicanos por las sociedades multinacionales. Estilos de vida, modos de comportamiento, prácticas sociales, y otras costumbres, fueron presentados como símbolos de progreso desde los "ghettos" -casas, comedores, casinos, campos deportivos- construidos por las compañías para sus empleados extranjeros, a una población que se sustentaba sobre bases tecnoeconómicas más simples, pero más comunitarias y, sobre todo, menos depredadoras de sus sistemas ecológicos naturales.

- *La segunda fase: la del capital monopolista de Estado (PEMEX)*

Con la expropiación petrolera de marzo de 1938, el complejo portuario-industrial de CMC inicia una nueva fase de su desarrollo caracterizada por la regulación por parte del Estado de la producción y del espacio productivo.

La persistencia de las relaciones capitalistas de producción al interior del sistema de producción de hidrocarburos, dotó de una nueva orientación al capital social, ahora en poder del Estado, a través de la empresa Petróleos Mexicanos (PEMEX). Hasta entonces, la acumulación se había realizado por la vía del abastecimiento de las necesidades energéticas de los grandes centros consumidores de las sociedades industriales. Entre otras razones, porque el incipiente desarrollo de la sociedad mexicana no ofrecía las condiciones necesarias para esta acumulación. En 1920, por ejemplo, cuando México se encontraba en la antesala de convertirse en el segundo productor mundial de hidrocarburos, el sector modernizado de su sistema productivo sólo alcanzó a consumir el 7.7% de los 163.5 millones de barriles que produjo en ese año.

Sin restarle ningún valor a la epopeya popular que significó el rescate del petróleo mexicano -que permanecerá como

una invaluable experiencia acerca de las posibilidades reales de los pueblos del Tercer Mundo de recuperar el pleno dominio sobre sus recursos naturales; y como un modelo de auténtica participación popular en las decisiones cruciales de política energética para la historia petrolera del mundo moderno- lo que queda claro en un análisis despojado de la enorme carga emocional que suscita el tema de la expropiación petrolera entre los mexicanos, es que dentro de los marcos del sistema capitalista, al Estado le correspondió la responsabilidad de organizar el sistema energético con un doble propósito: asegurar la energía necesaria, y a bajo costo, para la expansión capitalista del aparato productivo mexicano; y controlar y regular las contradicciones sociales generadas a partir de esta reorganización de las fuerzas productivas que impulsaron el desarrollo capitalista de México.

Para alcanzar estos objetivos -en el marco de un proyecto social orientado al crecimiento económico, a la reproducción de los estilos de vida y los hábitos de consumo norteamericanos y basado en su esencia en los desperdicios energéticos de esta sociedad despilfarradora-, era necesario que el Estado asumiera los elevadísimos costos materiales y sociales de esta clase de acumulación: obras de infraestructura básicas que liberaran al capital de las restricciones del espacio y del tiempo; sistemas educativos y de investigación científica y tecnológica diseñados para formar los cuadros técnicos requeridos por el capital; sistemas crediticios en apoyo exclusivo de las empresas privadas; un control de importaciones que ofrecía a las empresas privadas nacionales y transnacionales un mercado cautivo integrado por millones de mexicanos; exenciones fiscales para importar de un modo indiscriminado bienes de capital y tecnologías. Todo, absolutamente todo, fue realizado por el Estado. Incluso la tarea de crear a las clases sociales beneficiarias de este proceso de modernización: las clases medias y la burguesía, prácticamente inexistentes en los años iniciales de la construcción de este modo de producción bajo el control del Estado.

Esta reorganización de las estrategias productivas del capitalismo contemporáneo en el marco del sistema social mexicano, tuvo su base de sustentación en la creación de polos de crecimiento a partir de industrias de base. Ciertamente, la de los hidrocarburos ofreció condiciones ideales para esta vasta empresa de control y apropiación del capital social. A

la refinería de Minatitlán le tocó la importante tarea de abastecer las necesidades energéticas de dos regiones claves: el sureste y el noroeste del país, donde el Estado empezó a desarrollar proyectos gigantes de inversión para la explotación intensiva de sus recursos naturales, en el caso del sureste; y para la modernización de su sector agrícola por las vías que le ofrecía la agricultura industrializada en el noroeste.

Con estos objetivos, PEMEX emprendió diversas obras a partir de 1955 en la refinería de Minatitlán, que ampliaron de un modo sustancial su capacidad de refinación. En ese año se puso en operación la planta de desintegración catalítica y la de gasolina y kerosina. En 1958, entró en marcha un sistema de procesamiento de crudo no ceroso para la obtención de lubricantes, un sistema de mezcla y envasado y una planta de lubricantes. En 1960, comenzó a operar la primera planta fraccionadora de líquidos de absorción. En 1963, se agrega una planta para fraccionar gasolina natural. En 1964, entran en operación 5 plantas más. En 1967, se inaugura otra planta primaria y una más de desintegración catalítica. Estas ampliaciones aumentaron la capacidad instalada de la planta y una más de desintegración catalítica. Estas ampliaciones aumentaron la capacidad instalada de la planta hasta 300 barriles diarios, lo que la situó entre las mayores de América Latina (PEMEX, 1965).

Un complejo sistema de transporte (oleoductos, gasoductos, combustoleoductos, poliductos, transportes marítimos, movimientos de productos por rueda y plantas de almacenamiento) amplió sus áreas de abastecimiento, agregando centros de consumo de enorme importancia como las áreas industriales de Veracruz, Orizaba, Puebla, el Distrito Federal y el Bajío. El Estado también se echó a cuestras la tarea de suprimir un obstáculo para sus planes de desarrollo en el sureste. Construyó el puente Coatzacoalcos 1, y abrió, así, nuevas perspectivas al aprovechamiento de sus enormes recursos naturales.

- *La tercera fase: un caso límite de concentración del capital y medios de producción*

En 1962, con la inauguración de la primera planta de amoníaco de PEMEX (Amoníaco 1, de 60 mil toneladas anuales, en Cosoleacaque), el complejo portuario industrial entra a

la era de la industria petroquímica. En 1964, se agrega a la refinería de Minatitlán las plantas reformadoras de benceno, tolueno y xileno, y la unidad de fraccionamiento de solventes. En 1967 entran en operación las primeras plantas del complejo petroquímico de Pajaritos, en el estuario del río Coatzacoalcos, las de Dicloroetano 1 y Etileno 1. En 1969, se ponen en operación en el complejo de Cosoleacaque dos plantas gigantes: las de Amoniaco II y III, con una capacidad de 300 mil toneladas anuales; en Pajaritos se pone en marcha la planta de acetaldehído (44 mil toneladas anuales); y en Minatitlán se inaugura la planta de Ciclohexano (106 mil toneladas al año). En 1971, empiezan los trabajos de la planta de acrilonitrilo en Cosoleacaque. En 1972 inician actividades las plantas de Oxido de Etileno y Criogénica, en Pajaritos. En 1974, Cosoleacaque pone en marcha una nueva planta de Amoniaco, la denominada Amoniaco III, de dimensiones similares a las anteriores (Toledo, 1980).

En esta fase de acumulación acelerada, el complejo portuario-industrial de CMC estableció los procesos integrados de producción y de trabajo que la convirtieron en una unidad de producción compleja absolutamente decisiva para el modelo de crecimiento puesto en marcha por el Estado.

A las unidades de producción básicas creadas por la empresa estatal PEMEX, se agregaron 3 plantas gigantes de fertilizantes: Guanos y Fertilizantes-Unidad Coatzacoalcos, Guanos y Fertilizantes-Unidad Cosoleacaque y Fertilizantes Fosfatados-Unidad Pajaritos. El Estado promovió la explotación de los ricos domos de azufre de la región, otorgando diversas concesiones a empresas nacionales y transnacionales. El domo de Jaltipan fue perforado por la Panamerican Sulphur Co., desde 1955; el domo de San Cristobal fue explotado por la Gulf Sulphur Co. en 1956; el domo Emexquite Norte, fue puesto en producción por la Cía. Azufrera Veracruzana desde 1956; el domo Texistepec fue explotado por la Cía. Central Minera, también desde 1956; y, finalmente, el domo Nopalapa fue descubierto y explotado temporalmente por la Cía Exploradora del Istmo (Texas Gulf Sulphur Co.).

De igual modo el Estado creó las condiciones materiales necesarias para el establecimiento de las empresas privadas del sector secundario de la industria petroquímica, las auténticas beneficiarias de este proceso de acumulación. Acondi-

cionó el espacio productivo , dotándolo de la infraestructura básica (parques industriales, servicio de energía eléctrica, agua, redes de comunicaciones y transportes); y absorbió los costos de la reproducción de la fuerza de trabajo, elevados gastos originados por el rápido proceso de urbanización propiciado por el explosivo crecimiento del complejo industrial.

Bajo estas condiciones se establecieron, en la Unidad de Pajaritos: Tetraetilo de México, S.A. (con la participación de PEMEX y de E. I. Du Pont de Nemours & Co.), que elabora Mexotan y a quien PEMEX surte de dicloroetano; Sales del Istmo, S.A. e Industrias Químicas del Istmo (Grupo CYDSA-División Productos Químicos); ambas plantas, integradas, producen sales industriales, cloro, sosa (sólida y líquida), hipoclorito de sodio y ácido clorhídrico, y reciben combustibles y ácido sulfúrico de PEMEX, CYDSA-Bayer, S.A. (CYDSA-División Productos Químicos y el consorcio Bayer de Alemania, que fabrica tolu-di-isocianato y que consume tolueno y combustible de PEMEX. En la unidad de Cosoleacaque se ubicaron: Celanese Mexicana, S.A., que se dedica a la producción de acrilatos de etilo, metilo, butilo y do-etil-exanol y que emplea como materia prima acrilonitrilo y ácido cianhídrico proporcionados por PEMEX; Fenoquimia, S.A. (Grupo Celanese Mexicana, S.A. e Industrias Resistol, S.A.), que elabora fenol, acetona y metilmetacrilato, y que consume metano) ácido cianhídrico y combustibles de PEMEX; Alimentos Balanceados, S.A. (ALBAMEX) que produce metionina y que es abastecida por PEMEX de ácido cianhídrico y combustibles. Otras empresas se establecieron en este periodo en el complejo portuario industrial, tales como: Harina de Veracruz, S.A. (MASECA), Materias Primas de Monterrey, dedicada a la explotación de la arena sílice; Sosa de Tehuantepec, S.A., que fabrica sosa y cloro; Tereftalatos Mexicanos, S.A., que utilizan paraxilenos para elaborar ácido tereftálico; y una nueva planta de Industrias Resistol, S.A. dedicada a la producción de ácido fosfórico y tripolifosfato de sodio.

Este proceso de automatización e integración capaz de comprimir al máximo el tiempo de la producción, se dio en paralelo con la eliminación de una obsesión más del capital: el espacio. En este caso, el Estado construyó dos grandes corredores de tráfico: el Corredor del Golfo, destinado a conectar al

sureste con las regiones del Centro y el norte del país; el Corredor Transistmico, que une a los puertos de Salina Cruz, en el Pacífico, y Coatzacoalcos, en el Golfo de México. Construyó dos grandes sistemas ferroviarios, destinados de un modo preferente al transporte masivo de carga: Ferrocarriles Nacionales de México y Ferrocarriles Unidos del Sureste. Finalmente, realizó obras de acondicionamiento de su complejo portuario -integrado por las instalaciones de Coatzacoalcos, Pajaritos, Nanchital y Minatitlán- que convirtieron a Coatzacoalcos en el segundo puerto mexicano de importancia, superado sólo por Veracruz. Este impulso de la producción llevó a transformar a esta unidad compleja en un factor absolutamente decisivo para el sistema productivo: las unidades de Minatitlán-Cosoleacaque concentraron el 30% de la capacidad de refinación del país y el 60% de la producción nacional de productos petroquímicos de base; la unidad de Pajaritos concentró el 14% de la producción de petroquímicos básicos y se convirtió en el principal productor de derivados de etileno. La unidad Cosoleacaque se transformó en el principal productor de fertilizantes, en sus plantas gigantes de amoniaco.

Desde 1977 PEMEX había puesto en marcha la construcción de un nuevo complejo petroquímico integrado por 20 plantas gigantes. Nos referimos a la unidad La Cangrejera, sobre la margen derecha del estuario del río Coatzacoalcos. Al mismo tiempo, emprendió la ampliación de su terminal marítima y terrestre de Pajaritos, con un proyecto que consideraba la construcción de 26 tanques de almacenamientos de 1 80 mil barriles cada uno; la instalación y operación de un sistema de monoboyas para la carga costafuera de buques hasta de 1 50 mil TPM. De igual modo, puso en marcha un programa denominado de "Barcos y Tubos", mediante el cual pretendía movilizar el 75% de su carga por medio de duetos (hoy existen 700 km en el área metropolitana); 15% por medio de buques y el 10% restante por transporte terrestre. Finalmente, inició la construcción de un nuevo complejo petroquímico, el llamado Morelos, de dimensiones similares al de La Cangrejera, con un proyecto de ampliar la capacidad de sus instalaciones en Pajaritos a fin de duplicar hacia 1 990 su capacidad actual de producción de petroquímicos básicos, que es de 1 2 millones de toneladas por año (cuadros 9, 10, 1 1 y 12).

Otras dependencias oficiales pusieron en marcha dos obras

espectaculares de habilitación del territorio: el aeropuerto de Cantitas y el puente Coatzacoalcos II, con el doble propósito de hacer todavía más rápida la comunicación con el sureste y eliminar problemas de congestionamientos.

Ciertamente, esta forma de organización de la producción representa un caso límite de las interacciones entre movimientos del capital, estrategias de empresas multinacionales e intervenciones del Estado en la regulación y el control de los procesos sociales (Toledo, A., 1983).

## *2. El complejo portuario-industrial CMC: un nudo de contradicciones*

Este representa, también, un nudo de contradicciones entre las exigencias de la acumulación capitalista y la fragilidad de los ambientes ecológicos de la planicie costera; entre la sofisticación tecnológica de sus unidades productivas y las masas de desempleados urbanos y rurales, con bajísimos niveles de preparación, que caracterizan en la actualidad la fuerza de trabajo regional; entre las exigencias de la reproducción de esa fuerza de trabajo y la incapacidad de los aparatos del Estado para crear los medios de consumo colectivos necesarios y, en fin, la brutal contradicción entre las exigencias de un control rígido, totalitario, de las organizaciones laborales y de la población y las demandas reivindicatorias en favor de una vida social más sana y democrática.

En efecto, el delta del río Coatzacoalcos representa un ejemplo extremo de cómo un sistema ecológico excepcionalmente rico en recursos naturales renovables ha sido degradado de un modo sistemático por actividades humanas vinculadas, directa o indirectamente, a los procesos de acumulación de capital generados a partir de las diferentes fases de la creación del complejo portuario industrial CMC. Todo parece conjuntarse para el análisis crítico de los complejos problemas ecológicos planteados por la producción de hidrocarburos en el trópico húmedo.

*La contradicción entre las actividades industriales y el medio ambiente.*

*a) La ubicación del puerto petrolero en una área ecológica vital del Delta: el estuario.* Las ciencias costeras han clasifica-

do a los estuarios como áreas de importancia vital por sus valores como recurso natural y por su extrema vulnerabilidad (Clark, 1978; Church, 1975; Wiley, 1977). La gran cantidad de estudios consagrados a estas áreas de la costa han demostrad  los hechos siguientes:

- Sus altos valores como áreas de alimentación de peces, crustáceos y moluscos.
- Son un habitat protector de una amplia gama de especies de la fauna acuática.
- Son un asimilador y un purificador natural de contaminantes arrastrados por las corrientes.
- Tienen un valor único para la recreación y los asentamientos humanos.
- Son, sin lugar a dudas, la parte más productiva biológicamente de toda la zona costera.

Este insustituible recurso natural ha sufrido, sin embargo, los embates de las actividades humanas. Por ejemplo, hoy se calcula que el 23% de los estuarios estadounidenses se encuentran sumamente alterados; y otro 50% sufre transformaciones debidas a actividades humanas que los ecol gos clasifican de moderadas (La Roe, T.E., 1977).

El complejo portuario est  integrado por instalaciones en Coatzacoalcos, Nanchital y Minatitlán y por las monoboyas de Rabón Grande. Las obras de habilitación del puerto petrolero de Pajaritos eliminaron las funciones ecológicas de la laguna, situada sobre la margen derecha, a 4 km de la desembocadura. Tanto el canal como la dársena de maniobras exigieron dragado de 1.2 m de profundidad. Los dragados posteriores de mantenimiento fueron a un ritmo de 660 mil m<sup>3</sup>/año. Con las obras recientes, y la ampliación de las instalaciones portuarias para permitir el acceso a buques de mayor capacidad, las alteraciones han sido aún más drásticas. Con la operación de las plantas industriales las descargas de sustancias tóxicas en el estuario se hicieron sistemáticas. Las operaciones de habilitación ocasionaron los siguientes cambios: modificaron el régimen de circulación, incrementaron la turbidez del agua, favorecieron la resuspensión de contaminantes en la columna del agua, e impidieron la repoblación normal de la biota estuarina.

Nada extraño resulta, por estas circunstancias, que los estudios consagrados a la fauna (volumen 8 de esta serie) hayan encontrado una drástica disminución de las poblaciones adultas estuarinas de interés alimenticio y comercial; y que las investigaciones sobre la contaminación por sustancias tóxicas proporcionaron los datos más elevados en esta zona de todo el sistema fluvial (volumen 1 , de esta serie).

*b) La contaminación crónica de la cuenca por los desechos del complejo portuario-industrial.* La información sobre los efectos directos de los contaminantes de origen biológico, orgánico e inorgánico (bacterias patógenas, esteroides, metales pesados, hidrocarburos, fenoles, detergentes, plaguicidas), así como los datos acerca de sus tiempos de residencia, sus flujos en el ecosistema, sus destinos finales, sus impactos sobre la biota y el hombre, nos ofrecen un panorama detallado de las consecuencias de un desarrollo industrial que no ha considerado, en ninguna de sus fases, los costos ecológicos de sus acciones. En efecto:

- Se trata de un sistema ecológico crónicamente contaminado, por hidrocarburos y otras sustancias tóxicas. Los desechos masivos vertidos al río y en la planicie ya han afectado a los delicados flujos energéticos del sistema y a la biota. En especial a los recursos pesqueros.
- El desarrollo industrial ha traído por consecuencia el crecimiento no planificado de las ciudades, lo que ha repercutido en forma severa sobre la calidad del agua del sistema fluvial. Las descargas de los desechos domésticos no tratados constituyen un grave problema de salud pública.

*c) La expansión de las ciudades sobre áreas ecológicas vitales del sistema deltaico.* La mayoría de las ciudades del delta han crecido en torno al estuario (Coatzacoalcos), en las márgenes de los ríos (Minatitlán, Las Choapas, Nanchital). En el caso de Coatzacoalcos, la expansión de la mancha urbana ha afectado a los pantanos del sur de la ciudad y al área de dunas costeras del norte.

Respecto de los pantanos, es importante reafirmar aquí sus funciones ecológicas: desempeñan un papel importante en el equilibrio de los ciclos geoquímicos globales, en especial en el del agua; son un sistema generador y exportador

neto de nutrientes hacia las zonas biológicas productivas de la cuenca; son un habitat irremplazable para la fauna silvestre local y para las aves migratorias; son una trampa de contaminantes y un purificador natural del sistema ecológico.

Estas funciones se ven seriamente amenazadas por la destrucción sistemática de estas áreas, con fines habitacionales, sobre todo, pero también por la expansión de actividades industriales, comerciales y de servicios.

Respecto de las dunas costeras hay que señalar dos funciones ecológicas básicas: son estabilizadoras absolutamente decisivas de la línea litoral; y constituyen una barrera protectora contra las fuerzas del viento y de las olas.

En contra de lo que aparentan, estos ambientes costeros son sumamente frágiles y sensibles a las alteraciones humanas. El delicado manto vegetal que cubre a las dunas móviles ha desarrollado prodigiosas adaptaciones para resistir la fuerza de los vientos y las olas; pero no los asentamientos humanos, el tránsito de vehículos, la construcción de carreteras o de otras obras urbanas. Una vez que esta capa vegetal se rompe, se desencadenan procesos erosivos que alteran sustancialmente el frente playero.

En el relleno de los pantanos y en la ocupación de las dunas costeras -con propósitos habitacionales, para promover desarrollos urbanos y como material de relleno- interviene un complejo mecanismo que controla el mercado inmobiliario: aparatos del Estado (Comisión para la regularización y tenencia de la tierra, gobiernos municipales), líderes de colonos, comerciantes de materiales de construcción y transportistas. Lo que hace de estos procesos acciones reguladas y controladas a partir de la combinación de intereses económicos y agentes sociales que, políticamente, hacen de las ciudades universos cerrados, antidemocráticos, totalitarios.

### *La contradicción entre las necesidades sociales y los medios de consumo colectivos.*

Hay que comprender la lógica de la generación de las ciudades costeras tropicales a partir de la expansión de las actividades vinculadas a la producción, el procesamiento y el transporte de los hidrocarburos y sus productos, para tener una idea de la magnitud y de las clases de contradicciones que se dan en el seno de este

nuevo fenómeno urbano, en los contextos sociales del Tercer Mundo. El complejo portuario industrial CMC constituye, desde la perspectiva de las estructuras sociales que lo fundamentan, el escenario de una nueva historia, generada por las políticas industriales que la economía mundial impulsa en las regiones productoras de hidrocarburos en el Tercer Mundo; y también por las iniciativas económicas y las políticas de desarrollo regional promovidas por el Estado, y por la pluralidad de intereses sociales que lo integran.

¿En qué consiste la especificidad de este proceso de urbanización?

– *Un crecimiento urbano explosivo.* Entre 1960 y 1980, 'el área urbana de Coatzacoalcos sextuplicó su población, al pasar de 19 mil a 121 mil habitantes. La ciudad de Minatitlán triplicó la suya, al pasar en ese mismo lapso de 35 mil a 116 mil habitantes. (\*) Otras poblaciones pequeñas del área metropolitana como Agua Dulce, Las Choapas, Nanchital y Cosoleacaque, también experimentaron crecimientos espectaculares (Duport-Ostión, 1984).

*Población migrante.* Este crecimiento se ha dado en función del arribo de una población migrante, a menudo de otras regiones del país, con condiciones ecológica, social y culturalmente distintas a las del trópico húmedo (Nolasco, M., 1979). Y también por la población de los entornos rurales, expulsada por los violentos procesos de ganaderización que experimenta el agro veracruzano.

*Ocupación de zonas ecológicas vitales.* Sin ninguna estructura de planeación que la regule, la expansión de las manchas urbanas se ha realizado ocupando ambientes ecológicos vitales para el funcionamiento de la cuenca: pantanos y dunas costeras (Coatzacoalcos); pantanos y áreas ribereñas (Minatitlán); o áreas ribereñas (Las Choapas y Nanchital).

*Agudos déficits de medios de consumo colectivos.* Las demandas de medios de consumo colectivos, necesarios para la reproducción de la fuerza de tra-

Otras fuentes señalan cifras aún más impresionantes para estas ciudades.

bajo, como agua, vivienda, drenaje, escuelas, energía eléctrica, hospitales, áreas de recreo, y otras, han rebasado todas las posibilidades financieras, tecnológicas e institucionales del Estado.

Las redes de distribución del agua de las mayores ciudades (Coatzacoalcos y Minatitlán) no alcanzan a cubrir ni el 30% de sus espacios urbanos. En las otras ciudades de la zona metropolitana el porcentaje es aún menor. El problema es más agudo si se toman en cuenta las condiciones deplorables de las redes existentes:

- Ninguna ciudad de la región cuenta con sistemas de tratamientos de aguas negras y todas descargan sus desechos a áreas ecológicamente importantes de la cuenca: arroyos, pantanos, ríos, estuarios y playas.
- Los déficits de vivienda son igualmente dramáticos: 74% para Coatzacoalcos, 63% para Minatitlán.
- Los equipamientos para la educación son deficitarios en todos los niveles. Pero son especialmente críticos en la educación preescolar y la primaria. Condiciones insalubres, hacinamientos, falta de materiales de trabajo y de equipos básicos de laboratorios, caracterizan la situación actual.
- Transportes colectivos insuficientes. Unidades en mal estado y escasas, caracterizan los servicios de transportes interurbanos.
- Déficit de servicios culturales, campos deportivos y otras áreas de esparcimiento. Estos son particularmente críticos en las ciudades más grandes, donde a la falta de actividades y espacios acondicionados, hay que agregar la paupérrima calidad de los servicios de recreación. No obstante su prodigioso pasado cultural, y sus áreas de incomparable belleza natural (que todavía existen) ninguna ciudad cuenta con un museo o un centro de animación cultural.

Nada hace percibir en este desolado panorama, que se trata de la cuna de una de las más prodigiosas culturas de la historia humana.

En estas condiciones, la urbanización impulsada por el desarrollo del complejo portuario-industrial refleja las contradicciones que se dan al nivel de la producción:

Un bloque formado por los cuadros superiores de las empresas públicas y privadas ligadas directamente al complejo y por líderes obreros de mayor jerarquía, y un estrato alto de la burguesía (gerentes de instituciones de servicios, contratistas y comerciantes al mayoreo), viven en los barrios residenciales, dotados de todos los servicios. Tales zonas constituyen verdaderos islotes, en un mar de viviendas sin servicios indispensables.

Otra fracción, integrada por la fuerza de trabajo directamente ligada a la producción: técnicos calificados y obreros especializados, cuentan con colonias dotadas de servicios básicos, con áreas de recreo y con servicios de transporte de sus lugares de residencia a sus unidades de trabajo.

Un tercer bloque lo constituyen los obreros eventuales, ligados a las tareas de la construcción de las diversas unidades del complejo, los obreros desligados de las actividades industriales, los múltiples empleados ligados a los servicios portuarios, los funcionarios y empleados de menor jerarquía, y los pequeños comerciantes, que aca-paran el resto de los servicios existentes.

Un cuarto bloque lo constituyen los obreros no calificados recién emigrados, los prestadores de múltiples servicios y los desempleados que viven en las colonias populares carentes de servicios básicos.

En suma, un universo social segregado, donde fácilmente es posible observar agudos síntomas de patología social: alcoholismo, drogadicción, prostitución, vagancia, marginación y precarismo.

### *Las contradicciones del escenario político regional*

Políticamente, el complejo portuario-industrial CMC se sostiene sobre un sistema institucional basado en tres elementos:

a) La realización de los intereses nacionales, que fundamentan y sostienen al aparato político regional.

b) La creación de instituciones políticas locales y regionales, que controlan y regulan el funcionamiento del complejo portuario-industrial.

c) La regulación de la vida cotidiana en los centros urbanos, para garantizar las condiciones mínimas de la reproducción de la fuerza de trabajo; y, al nivel regional, para asegurar el control de las tensiones sociales que eventualmente pudieran bloquear el funcionamiento del complejo.

*La realización de los intereses nacionales.* En su fase de polo petroquímico, el complejo portuario industrial CMC es la expresión de las estrategias de desarrollo regional e industrial del Estado. Responde, por entero, a la meta de reorganizar el espacio de la producción con la finalidad de "aprovechar racionalmente los recursos naturales y del trabajo del hombre en su ámbito territorial" (Plan de desarrollo 1983-1988). Con tal propósito, el Estado puso en práctica una política industrial basada en:

- inversiones masivas en polos industriales de desarrollo basados en dos sectores claves: la siderúrgica y la petroquímica, mediante la concertación de apoyos financieros y tecnológicos internacionales;
- estímulos fiscales, cambios en las legislaciones en materia de inversiones extranjeras, liberación de las restricciones a la producción de petroquímicos básicos, acondicionamientos del territorio, y demás;
- intervención en los procesos de urbanización, a fin de asegurar el suministro de medios de consumo colectivos para la fuerza de trabajo y para otros agentes de producción.

Este vasto programa de reorientación y modernización del aparato productivo, encontró en la petroquímica y en los desarrollos portuarios, medios eficaces para alcanzar los siguientes objetivos de interés nacional: a) aprovechar intensivamente los recursos energéticos del sureste, mediante las economías de escala generadas por la cercanía de las plantas industriales a las fuentes de suministro de materias primas; b) sustituir las importaciones de productos básicos e intermedios, y penetrar el mercado internacional de estos productos.

En términos de los intereses nacionales, en las épocas de

auge todo pareció asegurar el éxito de esta estrategia: en el breve lapso de dos décadas el complejo CMC se convirtió en uno de los polos petroquímicos más espectaculares de América Latina. En los tiempos de crisis, la imposibilidad de frenar los proyectos en ejecución y la necesidad apremiante de reactivar el aparato productivo, han subordinado cada vez más las metas nacionales al juego de intereses internacionales que controlan el mercado mundial de la tecnología y de los productos petroquímicos.

En términos de los intereses locales, esta estrategia mostró severas debilidades con respecto a sus potencialidades de desarrollo regional. El delta del Coatzacoalcos se industrializó pero esto no significó un mejoramiento de las condiciones materiales y de la calidad de la vida de sus habitantes. Para algunos sectores, como la población indígena y los pescadores del área, la industrialización a partir de las sofisticadas y altamente contaminantes estructuras petroquímicas, sólo significó una mayor marginalidad, el aceleramiento de su, al parecer, ineluctable proceso de desintegración cultural y la destrucción de sus medios de vida.

*Los aparatos políticos locales.* Asegurar el funcionamiento del complejo portuario-industrial es el objetivo principal de las instituciones políticas locales. Esta función se cumple estrictamente a través de dos mecanismos: a) la organización corporativa de la fuerza de trabajo ligada directamente al proceso productivo; b) el mantenimiento del orden público.

*La organización corporativa del trabajo.* El hecho de que la petroquímica sea una industria de capital intensivo y no de mano de obra, y que requiera de una fuerza de trabajo reducida y altamente especializada, hace que los empleos que genera sean altos en las fases de construcción y reducidos en las de operación. Con el arranque de las plantas, las posibilidades de mantener niveles elevados de ocupación de trabajadores se reducen drásticamente. Casi lo mismo puede decirse del sector secundario de esta industria. Por estas circunstancias, pocos son los efectos duraderos sobre la ocupación regional, constituida, en su mayoría, por trabajadores con bajos niveles de calificación. Los que se emplean en la construcción pasan a formar parte de la masa de de-

empleados o se reubican en otras regiones, con el arranque de las plantas.

Por otra parte, el establecimiento de estos complejos requiere de una infraestructura industrial: ramas altamente especializadas en la producción de bienes de capital con altas normas de calidad y un sector manufacturero debidamente desarrollado y capaz de aprovechar los productos generados por el sector de base, que no existe por lo general en las regiones donde se ubican. Lo que atrae a empresas nacionales asociadas con multinacionales, capaces de satisfacer estas exigencias tecnológicas, para su integración a los complejos.

Estos requisitos de la acumulación de capital con base en desarrollos petroquímicos vuelve prácticamente imposible la generación de efectos positivos sobre una estructura regional que no cuenta con ramas industriales altamente desarrolladas, ni con la experiencia empresarial para acometer los difíciles retos de producir los múltiples bienes que estas actividades de punta requieren.

Todas estas peculiaridades hacen que los centros petroquímicos ya en operación que integran el complejo portuario industrial CMC ejerzan un papel absolutamente dominante sobre el empleo regional. Los 20,596 trabajadores (8,890 de planta y 11,706 transitorios) que laboran en Minatitlán, Cosoleacaque, Pajaritos y la Cangrejera, además de los 8 mil que construyen el nuevo Complejo Morelos, representan una fuerza política de primer orden en el reparto del poder local. Por su parte, las industrias del sector secundario establecidas en el área, contaban con una masa de trabajadores y empleados de 6,050 plazas en 1984 (Duport-Ostión, 1984).

Las exigencias técnicas de la producción, el elevado nivel de integración de las unidades productivas y la necesidad de mantener cadencias continuas de trabajo, imponen el requisito de contar con una fuerza de trabajo rigurosamente controlada. Estas exigencias se cumplen escrupulosamente a partir de la alianza entre las organizaciones sindicales y el Estado, la cual ha generado una rígida estructura de control y de poder político en la vida social regional. Por su enorme fuerza económica y

política, adquirida y consolidada en la fase de la expansión del polo petroquímico, el sindicato de trabajadores petroleros (SRTPRM) es un verdadero factotum de la vida política regional.

Capacidad financiera, vocación empresarial, pactos y alianzas entre diferentes secciones sindicales y con los aparatos del Estado, repartos del poder político, mecanismos coercitivos, represivos, y el control riguroso de los medios de difusión, han logrado consolidar una rígida estructura vertical del poder en el seno del sindicato petrolero, que se hace ostensible en la organización corporativa de la fuerza de trabajo y que permea todos los estratos de la vida social.

*El orden público: una exigencia fundamental. Regular las contradicciones entre los diferentes agentes sociales que participan en el funcionamiento del complejo portuario-industrial; suministrar los medios de consumo colectivos para la reproducción de la fuerza de trabajo, hacer frente a las agudas tensiones sociales generadas por el vertimiento de las sustancias tóxicas al medio ambiente, es una función compleja que corresponde a las instituciones políticas locales. Desde el punto de vista político, esta tarea enfrenta en la actualidad dos problemas mayores que tipifican bien la naturaleza de las contradicciones sociales que implican el funcionamiento del complejo portuario: la eliminación de los últimos vestigios de las culturas indígenas de la región, y de los sectores marginales de la población que aún intentan vivir de la actividad pesquera.*

El complejo portuario-industrial CMC es uno de los mayores fenómenos tecnológicos del siglo XX erigido en el seno de una sociedad tradicional, de cultura indígena, de economía campesina y de pescadores, que vive un proceso de desintegración que se ha acelerado en su fase final de polo petroquímico. La confrontación entre esta tecnología dura y con altos niveles de contaminación con el universo social de esta región del trópico, ha tenido, en los últimos años, su más visible y espectacular campo de batalla en los espacios urbanos. Pero es en la población rural donde los impactos ecológicos y so-

ciales adquieren sus dimensiones más profundas y devastadoras. Porque si bien este sistema productivo no requiere para su operación más que de materias primas abundantes eficientemente transportadas desde las zonas productoras vecinas (Tabasco-Chiapas y la Sonda de Campeche); de una mano de obra reducida y altamente calificada y de condiciones materiales que sus entornos rurales no le pueden proporcionar; el impacto sobre los ecosistemas biológicamente más productivos y ecológicamente más frágiles de la cuenca, sobre los medios de vida y sobre la cultura regional, ha afectado sobre todo a quienes han vivido integrados a este rico, diverso y complejo ecosistema tropical.

A partir de su ubicación en el centro irradiador de las culturas mesoamericanas, esta región es el punto de confluencia de dos grandes y ricas tradiciones culturales: la veracruzana y la oaxaqueña (Munch, G., 1983). La primera, integrada por nahuas y popolucas; y la segunda, por zapotecas, mixes, zoques y huaves. Ambas son herederas de un sistema de valores: familia, parentescos, religión, formas de propiedades comunales, trabajos cooperativos, ayudas mutuas, aprovechamientos múltiples de los recursos naturales, intercambios con beneficios mutuos, entre otros, por completo opuestos a los de las sociedades orientadas hacia el crecimiento material, hacia los ingresos monetarios como principal incentivo de trabajo, y profundamente individualistas.

La integración de estas poblaciones a los ritmos y a los estilos de vida promovidos por el desarrollo del complejo portuario-industrial CMC, ha significado la fractura de su organización social. De sociedades integradas social y culturalmente, han pasado a ser, en las diferentes fases de la historia del complejo portuario, sociedades divididas en estratos antagónicos:

- Ganaderos, comerciantes, transportistas y políticos, han logrado establecer un férreo mecanismo de control económico y político, basado en el caciquismo, la represión, el despojo, el enfrentamiento fraccida, los asesinatos y el tráfico de drogas.
- Agricultores dedicados a cultivos comerciales (caña de azúcar, café, arroz y frutales), sometidos cada

vez a mayores dificultades por el rezago tecnológico de sus sistemas productivos, por la falta de estructuras adecuadas para el procesamiento industrial de sus productos, por la carencia de apoyos crediticios, por el agotamiento de los suelos, por la competencia de la ganadería y por la escasez de mano de obra.

- Los agricultores de subsistencia y peones ganaderos. Es el grueso de la población indígenas del área. Minada por el despojo de sus tierras, por la expansión avasalladora de la ganadería, por la desnutrición, el analfabetismo y el alcoholismo, es el estrato social que ha sufrido los mayores impactos de los cambios propiciados por la industrialización.

Sometido al juego de los intereses en pugna, este universo social sufre hoy un profundo proceso de desintegración, de deterioro de su patrimonio cultural y de pérdida, tal vez irreversible, de su identificación étnica. A la sombra del complejo portuario-industrial, se desarrolla este caso de *etnocidio*. ¿Qué es, sino, la destrucción de la cultura y de la identidad étnica de esta población indígena?

Por otra parte, la actitud del Estado frente a los problemas que confronta la actividad pesquera en la región del río Coatzacoalcos, ha terminado por crear un profundo sentimiento de impotencia y frustración entre los pescadores: "un puñado de hombres, que desde hace muchos años hemos subsistido de la difícil labor de la pesca, paulatinamente sentimos los embates del progreso que se ha volcado en la región y ha minado totalmente nuestras fuentes de trabajo..." (Pescador de la Cooperativa de Allende, Ver.). En algunos casos, como los de las cooperativas de Coatzacoalcos y Allende, esta situación se refleja en la forma de un completo desinterés por la actividad y en el sentimiento arraigado entre los cooperativistas de que sólo resta luchar por la reparación económica de los daños producidos por el desarrollo industrial. "Nada queremos saber que no sea la indemnización que se nos debe", han manifestado reiteradamente sus dirigentes. Pero esta actitud sólo ha propiciado la manipulación política, una cadena interminable de engaños, las componendas y la corrupción. Ambos problemas ponen en tela de juicio las bondades de un desarrollo industrial, apenas capaz de ver sólo sus metas de crecimiento económico.

Cuadro 9

UNIDAD DE PRODUCCION COMPLEJA COATZACOALCOS-MINATITLAN-COSOLEACAQUE  
Plantas Petroquímicas en Operación  
1 9 8 6

LOCALIZACION	PLANTA	PRODUCTO	CAPACIDAD NOMINAL (Toneladas por año)	AÑO EN QUE INICIO	
MINATITLAN, VER.	Alkar	Etilbenceno	8 000	1967	
	Ciclohexano	Ciclohexano	106 000	1968	
	Fraccionamiento de solventes	Heptano	10 000	1964	
		Hexano	20 000	1964	
	Hydeal	Benceno	70 550	1967	
	Reformadora BTX	Benceno	53 700	1964	
	Extractora UDEX	Tolueno	100 000	1964	
	Fraccionadora de aromáticos	Etilbenceno	9 550	1964	
		Meta y paraxileno	40 610	1964	
		Aromina 100	7 400	1964	
	Super-fraccionamiento de xilenos	Ortoxileno	11 250	1964	
		Aromáticos pesados	44 000 *	1964	
	Azufre	Azufre	26 000	1986	
		Sub-Total		507 060	

\* Capacidad efectiva.

PAJARITOS, VER.	Acetaldehído	Acetaldehído	44 000	1968	
	Cloruro de vinilo II	Cloruro de vinilo	70 000	1973	
		Acido clorhídrico	45 000	1973	
		Acido muriático	36 000	1967	
	Criogénica	Etano	100 000	1972	
	Dicloroetano I	Dicloroetano	41 700	1967	
	Dicloroetano II	Dicloroetano	42 350	1973	
	Dicloroetano (oxi-cloración)*	Dicloroetano		1974	
	Etileno I	Etileno	27 210	1967	
	Dicloroetano III	Dicloroetano	115 000	1982	
	Dicloroetano (oxi-cloración)	Dicloroetano	215 000	1982	
	Cloruro de vinilo III	Cloruro de vinilo	200 000	1982	
		Acido clorhídrico	116 000	1982	
	Etileno II	Etileno	182 000	1972	
	Oxido de etileno	Oxido de etileno	28 000	1972	
	Purificadora de propano	Propano	5 000	BDC 1985	
		Sub-Total		1'262 260	

\* Planta en estudio de cambio de tecnología a partir del 10 de febrero de 1985.

COSOLEACAQUE, VER.	Acrilonitrilo	Acetonitrilo	230	1971
		Acrilonitrilo	24 000	1971
		Acido cianhídrico	3 750	1971
		Sulfato de amonio	9 400	1971
	Amoniaco 1 (1)	Hidrógeno	400	Mr <sup>3</sup> D 1962
		Anhídrico carbónico	66 000	1962
	Amoniaco II	Amoniaco	300 000	1968
		Anhídrico carbónico	376 000	1968
	Amoniaco III	Amoniaco	300 000	1974
		Anhídrico carbónico	376 000	1974
	Amoniaco IV	Amoniaco	445 000	1977
		Anhídrico carbónico	560 000	1977
	Amoniaco V	Amoniaco	445 000	1978
		Anhídrico carbónico	560 000	1978
	Amoniaco VI	Amoniaco	445 000	1981
		Anhídrico carbónico	560 000	1981
	Amoniaco VII	Amoniaco	445 000	1981
		Anhídrico carbónico	560 000	1981
	Isomerización de xilenos y cristalización de paraxileno	Paraxileno	40 000	1973
		Sub-Total		5'515 380

(1) Planta con producción de hidrógeno.

Cuadro 9

( Continuación )

UNIDAD DE PRODUCCION COMPLEJA COATZACOALCOS-MINATITLAN-COSOLEACAQUE  
Plantas Petroquímicas en Operación

LOCALIZACION	PLANTA	PRODUCTO	CAPACIDAD NOMINAL (Toneladas por año)	AÑO EN QUE INICIO	
LA CANGREJERA, VER.	Acetaldehído	Acetaldehído	100 000	1980	
	Estabilizadora de crudo	Gasolina amarga	35 500 BDC	1983	
	Oxígeno	Oxígeno	200 000	1980	
		Nitrógeno	40 000	1980	
		Oxido de etileno	100 000	1981	
		Cumeno	40 000	1981	
		Hidrodesulfuradora de naftas	Naftas desulfuradas	86 000 BDC	1982/1983
		Fracionadora de hidrocarburos	Etano	778 200	1981 **
		Reformadora BTX	Naftas reformadas	45 000 BDC	1982
		Fracionadora de aromáticos (incluye fracc. de xilenos)	Pentanos	950 000	1982
			Benceno	275 000	1982
			Tolueno	365 000	1982
			Meta y paraxileno	360 000	1982
			Ortoxileno	55 000	1982
			Aromáticos pesados	22 000 *	1982
		Extractor de aromáticos	Benceno, tolueno y mezcla de xilenos	17 500 BDC	1982
		Cristalización de paraxilenos	Paraxileno	240 000	1982
		Isomerización de xilenos	Mezcla de xilenos	43 000 BDC	1982
		Xilenos plus	Benceno y mezcla de xilenos	13 000 BDC	1983
		Hidrodealquiladora de tolueno	Benceno	2 910 BDC	1984
		Purificadora de hidrógeno	Hidrógeno	24.6 MMPCD	1983
		Recuperadora de licuables	Propano y más pesados	10 000 BDC	1983
		Etilbenceno	Etilbenceno	187 500	1984
		Estireno	Estireno	150 000	1984
		Polietileno alta presión	Polietileno baja densidad		
			Tren I	80 000	1984
			Tren II	80 000	1985
			Tren III	80 000	1986
		Fracionamiento de solventes	Aromina 100	90 000	1982
			Heptano	11 000	1982
			Hexano	35 000	1982
		Etileno	Etileno	500 000	1982
			Propileno	26 900	1982
			Sub-Total	4 765 600	
			GRAN TOTAL	12 050 300	

MMPCD Millones de pies cúbicos diarios.

BDC Barriles por día calendario.

\* Capacidad efectiva.

\*\* Criogénica VI Cactus.

Fuente: Petróleos Mexicanos. Memoria de Labores 1986.

## Cuadro 10

UNIDAD DE PRODUCCION COMPLEJA COATZACOALCOS-MINATITLAN-COSOLEACAQUE  
Proyectos de Petroquímica básica en Planeación, Ingeniería o construcción

1 9 8 6

## 1. Plantas

LOCALIZACION	PLANTAS	PRODUCTO	CAPACIDAD NOMINAL (Toneladas por año)	OBSERVACIONES
COSOLEACAQUE, VER.	Metanol	Metanol	825 000	En ingeniería.*
* Suspendida temporalmente.				
MORELOS, VER.	Acetaldehído	Acetaldehído	150 000	En ingeniería.
	Butadieno	Butadieno	100 000	En ingeniería.
	Etileno	Etileno	500 000	En construcción.
	Propileno	Propileno	26 900	
	Fractionadora de hidrocarburos líquidos	Etano	704 880	En construcción.
		Propano	27 500 BD	
		Butano	12 340 BD	
		Gasolina natural	11 806 BD	
	Oxígeno	Oxígeno	350 000	En construcción.
		Nitrógeno	60 000	
	Oxido de etileno	Oxido de etileno	100 000	En construcción.
		Etilenglicol	125 000	En construcción.
	Acido acrílico	Acido acrílico	30 000	En ingeniería. *
	Acroleína	Acroleína	6 000	En ingeniería. *
	Polietileno baja presión	Polietileno alta densidad	100 000	En construcción.
	Propileno	Propileno	350 000	En ingeniería.
	Polipropileno	Polipropileno	100 000	En construcción.
	Acrilonitrilo	Acrilonitrilo	50 000	En construcción.
		Acido cianhídrico	7 500	
	Polietileno baja densidad	Polietileno lineal	80 000	En planeación.
	Alcohol isopropílico	Alcohol isopropílico	75 000	En ingeniería.
	MTBE	Metil terbutil éter	60 000	En planeación.
		Sub-Total	2'975 280	
* Suspendida temporalmente.				
PAJARITOS, VER.	Cloro sosa	Cloro	230 000	En planeación.
	Cloruro de vinilo IV	Cloruro de vinilo	300 000	En planeación.
		Acido clorhídrico	180 000	
	Dicloroetano (Dir.)	Dicloroetano	280 000	En planeación.
	Dicloroetano (Ox.)	Dicloroetano	215 000	En planeación.
	Percloroetileno	Percloroetileno	16 000	En planeación.
	Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	16 000	En planeación.
		Acido clorhídrico	28 600	En planeación.
	Percloroetileno	Percloroetileno	16 000	En construcción.
	Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	16 000	En construcción.
		Acido clorhídrico	28 600	En construcción.
	Acido muriático	Acido muriático	10 000*	En construcción.
		Sub-total	1'336 260	
		GRAN TOTAL	5'136 540	

\* Capacidad efectiva.

Cuadro 10

( Continuación )

UNIDAD DE PRODUCCION COMPLEJA COATZACOALCOS-MINATITLAN-COSOLEACAQUE

2. Terminales de Almacenamiento y Embarques Marítimos

LOCALIZACION	PRODUCTO	CAPACIDAD NOMINAL (Toneladas por año)	OBSERVACIONES
PAJARITOS, VER.	Propileno	20 000	En construcción.
	Etileno	8 000	En ingeniería.

UNIDAD DE PRODUCCION COMPLEJA COATZACOALCOS-MINATITLAN-COSOLEACAQUE

3. Ductos

LOCALIZACION	PRODUCTO	CAPACIDAD NOMINAL	OBSERVACIONES
Propileno Salina Cruz-Minatitlán- Morelos	Propileno/Butano-Butilenos	10 000 BD	En ingeniería.

BD Barriles diarios

Fuente: Petróleos Mexicanos. Memoria de Labores 1986.

## Cuadro 11

UNIDAD DE PRODUCCION COMPLEJA COATZACOALCOS-MINATITLAN-COSOLEACAQUE  
 Gasoductos, Oleoductos, Poliductos y Ductos Petroquímicos en Operación  
 1 9 8 6

PRODUCTO	ORIGEN	DESTINO	DIAM. PULG.	LONG. Km	OP.	MANNTO.	GLOBAL	OBS.
<b>Gasoductos</b>								
Gas Natural	Km 100	Rfo Coatzacoalcos	48	(126.0)	SPP	SPP	SC	--
<b>Oleoductos</b>								
Crudo	Paso Nuevo	Minatitlán	14	10.0	SPP	SPP	SPP	--
Crudo	Paso Nuevo	Minatitlán	10	10.0	SPP	SPP	SPP	--
Crudo	La Cangrejera	Nuevo Teapa	24	5.0	STI	SPP	STI	--
Crudo	Nuevo Teapa	Pajaritos	30	15.0	SPP	SPP	SPP	--
Crudo	Nuevo Teapa	Minatitlán	24	28.0	SPP	SPP	SPP	--
Crudo	Nuevo Teapa	La Cangrejera	24	4.0	SPP	SPP	SPP	--
Crudo	La Ceiba	Pajaritos	20	32.0	SPP	SPP	SPP	--
Crudo	Cárdenas	Pajaritos	30	(121.0)	SPP	SPP	SPP	--
<b>Poliductos</b>								
Destilados	Minatitlán	Salina Cruz	16	(250.0)	STI	SPP	STI	--
Destilados	Minatitlán	Pajaritos	12	28.0	-	-	STI	Construcción
Gasolina	Cd. Pemex	Minatitlán	12	(236.0)	STI	SPP	STI	--
Gas LP	Cactus	Pajaritos T.R.	20	(141.0)	STI	SPP	STI	--
Gas LP	Pajaritos T.R.	Pajaritos T.M.	12	6.0	STI	STI	STI	--
Butano	Cactus	La Cangrejera	16	(137.0)	STI	SPP	STI	--
Naftas	La Cangrejera	Minatitlán	12	29.0	STI	SPP	STI	--
Gasolina	La Cangrejera	Minatitlán	8	29.0	STI	SPP	STI	--
Gasolina Natural	Pajaritos	Nuevo Teapa	8	8.0	STI	SPP	STI	--
Propano	La Cangrejera	Pajaritos T.R.	10	8.0	STI	STI	STI	--
Butano	La Cangrejera	Pajaritos T.R.	10	8.0	STI	STI	STI	--
Gasolina amorfa	La Cangrejera	Pajaritos T.R.	12	6.0	STI	SPP	STI	--
Gasolina amorfa	Pajaritos T.R.	Pajaritos T.M.	8	6.0	STI	STI	STI	--
Gasolina natural	Cactus	La Cangrejera	12	(137.0)	STI	SPP	STI	--
<b>Petroquímicos</b>								
Amoniaco	C.P. Cosoleacaque	T.R. Salina Cruz	10	(256.0)	STI	SPP	STI	--
Amoniaco	C.P. Cosoleacaque	T.R. Pajaritos	10	27.0	STI	SPP	STI	--
Amoniaco	C.P. Cosoleacaque	Ref. Minatitlán	6	14.0	STI	SPP	STI	--
Amoniaco	C.P. Cosoleacaque	Fertimex-Minatitlán	6	0.5	STI	STI	STI	--
Amoniaco	C.P. Cosoleacaque	Fertimex-Coatzacoalcos	3	13.0	STI	STI	STI	--
Bióxido de carbono	C.P. Cosoleacaque	C.P. La Cangrejera	6	27.0	STI	STI	STI	--
Bióxido de carbono	C.P. Cosoleacaque	Liquid Carbonic	10	0.6	STI	STI	STI	--
Bióxido de carbono	C.P. Cosoleacaque	Fertimex-Minatitlán	10	0.6	STI	STI	STI	--
Bióxido de carbono	C.P. Cosoleacaque	Fertimex-Minatitlán	3	0.8	STI	STI	STI	--
Bióxido de carbono	C.P. Cosoleacaque	Fertimex-Minatitlán	24	0.5	STI	STI	STI	--
Bióxido de carbono	C.P. Camargo	Liquid Carbonic	10	0.5	STI	STI	STI	--
Bióxido de carbono	C.P. Camargo	Fertimex	4	0.9	STI	STI	STI	--
Hidrógeno	C.P. Cosoleacaque	Ref. Minatitlán	6	12.0	STI	SPP	STI	--
Hidrógeno	C.P. Pajaritos	Ref. Minatitlán	6	28.0	STI	SPP	STI	--
Paraxileno	C.P. Cosoleacaque	Ref. Minatitlán	4	14.0	STI	SPP	STI	--
Paraxileno	C.P. La Cangrejera	Pajaritos	4	8.0	STI	STI	STI	--
Paraxileno	C.P. Cosoleacaque	Tereftalatos	6	5.0	STI	SPP	STI	--
Mezcla de xilenos	Ref. Minatitlán	C.P. Cosoleacaque	4	13.0	STI	SPP	STI	--
Paraxileno	C.P. Cosoleacaque	T.R. Pajaritos	3	13.0	STI	SPP	STI	--
Aromáticos pesados	C.P. Cosoleacaque	Ref. Minatitlán	3	12.0	STI	SPP	STI	--
Aromáticos pesados	C.P. La Cangrejera	T.R. Pajaritos	6	8.0	STI	STI	STI	--

## Cuadro 11

( Continuación )

 UNIDAD DE PRODUCCION COMPLEJA COATZACOALCOS-MINATITLÁN-COSOLEACAQUE  
 Gasoductos, Oleoductos, Poliductos y Ductos Petroquímicos en Operación

PRODUCTO	ORIGEN	DESTINO	DIAM. PULG.	LONG. Km	OP.	MANNTO.	GLOBAL	OBS.
<u>Petroquímicos</u>								
Etileno	C.P. Pajaritos	Ref. Minatitlán	4	28.0	STI	SPP	STI	--
Etileno	C.P. Pajaritos	T.R. Pajaritos	6	1.0	STI	STI	STI	--
Etano y más pesados	C.P. La Venta	C.P. Pajaritos	8	42.0	STI	SPP	STI	--
Etano	C.P. La Cangrejera	C.P. Pajaritos	10	6.0	STI	STI	STI	--
Etano y más pesados	C.P. Cactus	C.P. La Cangrejera	20	(135.0)	STI	SPP	STI	--
Propileno	Ref. Minatitlán	C.P. Cosoleacaque	3	13.0	STI	SPP	STI	--
-	C.P. Cosoleacaque	C.P. La Cangrejera	3	27.0	-	SPP	-	fuera de operación
Paraxileno	C.P. Cosoleacaque	C.P. Pajaritos	3	26.0	-	SPP	-	fuera de operación
Acrilonitrilo	C.P. Cosoleacaque	C.P. Pajaritos	4	27.0	STI	SPP	STI	--
Paraxileno	T.R. Pajaritos	Ref. Minatitlán	6	28.0	STI	SPP	STI	--
Turbosina	Ref. Minatitlán	T.R. Pajaritos	4	28.0	STI	SPP	STI	--
Cloruro de vinilo	T.R. Pajaritos	C.P. Pajaritos	4	1.0	STI	STI	STI	--
Acido cianhídrico	C.P. Cosoleacaque	Albamex	6	1.0	STI	STI	STI	--
Benceno	C.P. La Cangrejera	C.P. Pajaritos	6	7.0	STI	STI	STI	--
Tolueno	C.P. La Cangrejera	T.R. Pajaritos	6	7.0	STI	STI	STI	--
Umeno	C.P. La Cangrejera	T.P. Pajaritos	3	7.0	STI	STI	STI	--
Ortoxileno	C.P. La Cangrejera	T.R. Pajaritos	4	7.0	STI	STI	STI	--
Acetaldehído	C.P. Pajaritos	La Cangrejera	6	7.0	STI	STI	STI	--
Estirena	C.P. La Cangrejera	T.R. Pajaritos	6	7.0	STI	STI	STI	--

 GRAN TOTAL 700.4  
 =====

SPP Subdirección de Producción Primaria.  
 STI Subdirección de Transformación.  
 SC Subdirección Comercial.

Fuente: Petróleos Mexicanos. Memoria de Labores 1986.

CUADRO 12

UNIDAD DE PRODUCCION COMPLETA COATZACALCOS-MINATITLAN-COSOLECAQUE

Infraestructura Portuaria

1 9 8 6

P U E R T O	INSTALACION	CAPACIDAD* BUQUETANQUE t p m	CAPACIDAD DE BOMBEO B H P
INSTALACIONES MARITIMAS COSTA FUERA			
<u>B o y a s</u>			
	Rabón Grande No. 1	150 000	40 000
	Rabón Grande No. 2	250 000	70 000
TERMINAL MARITIMA DE PAJARITOS, VER.			
	Muelle 1	33 000	8 000
	Muelle 4	60 000	17 000
	Muelle 2	80 000	24 000
	Muelle 1	85 000	27 000
NANCHITAL, VER.			
	Muelle 1		
	Muelle 2	20 000	
	Muelle 3	20 000	
MINATITLAN, VER.			
	Muelle 1	fuera de servicio	
	Muelle 2	fuera de servicio	
	Muelle 3	10 000	
	Muelle 4	17 473	
	Muelle 5	17 473	
	Muelle 8	11 262	
	Muelle 9	17 473	

\* Capacidad total de bombeo varía según producto y carga

FUENTE: Petróleos Mexicanos: Memoria de Labores 1986

Gerencia de Administración Portuaria, Subdirección Comercial, 1985.

**SEGUNDA PARTE**  
**LOS RECURSOS BIOTICOS**



# I. LA VEGETACION

La evaluación de los recursos florísticos de la región es una necesidad urgente que rebasa los límites de un sólo proyecto de investigación. Se ha convertido en una tarea permanente y sistemática de carácter multidisciplinario e interinstitucional. En el marco de nuestras investigaciones, apenas hemos logrado presentar un panorama global de las principales asociaciones vegetales y de su situación en el presente, para hacer algunas recomendaciones urgentes en términos del cuidado y la preservación de los recursos (tabla 1 ).

## 1. Las principales **asociaciones vegetales**

### **Dunas costeras**

Las condiciones naturales de la región (vientos fuertes y frecuentes, suelo arenoso móvil, alta insolación y alta salinidad) son propicias a una selectividad de especies vegetales que florecen en esta comunidad. Sobre las tierras más cercanas al mar se dan bejucos rastreros o arbustos chaparros, con frecuencia con tallos u hojas crasos. Nuestra descripción toma como base los trabajos previos: León Cázares y Gómez Pompa (1970), Gutiérrez C.L. (1983) y una colecta efectuada en la barra del río Tonalá.

Los componentes florísticos encontrados son:

<i>/pomoea pes-caprae</i>	quebraplato de playa
<i>/pomoea sto/onifera</i>	quebraplato de playa
<i>Croton punctatus</i>	
<i>Sesuvium portulacastrum</i>	
<i>Passiflora foetida</i>	
<i>Commelina erecta</i>	
<i>Cocco/oba uvifera</i>	uva de playa
<i>Canavalia marítima</i>	

<i>Phaseolus atropurpureus</i>	
<i>Cenchrus sp.</i>	cadillo
<i>Hibiscus tiliacens</i>	
<i>Chrysobalanus jicaco</i>	jicaco

## Manglar

En la zona de estudio el manglar se halla en la parte baja del río Tonalá, en laguna del Yucateco, Tabasco, y en la laguna del Ostión. En el río Coatzacoalcos se presenta hasta unos 40 km río arriba desde la desembocadura, aun cuando aquí, en la actualidad, sólo quedan pequeñísimos manchones fragmentarios del manglar. Conforme a las observaciones hechas en las riberas del río Tonalá (donde existe manglar desde la desembocadura hasta cerca de Las Choapas, en una extensión de casi 60 km) y en la laguna del Yucateco en Tabasco, se elabora aquí una descripción florística:

*Estrato arbóreo:*

<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo
<i>Avicennia germinans</i>	Mangle prieto
<i>Avicennia nitida</i>	
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco
<i>Hibiscus tiliacens</i>	Majagua
<i>Ouratea nitida</i>	

*El estrato arbustivo y herbáceo:*

<i>Acrostichum aureum</i>	Helecho de manglar
<i>Batis maritima</i>	Saladilla
<i>Hymenocallis littorale</i>	Lirio

*Las epífitas y trepadoras son abundantes:*

<i>Brassavola nodosa</i>	
<i>Epidendrum nocturnum</i>	
<i>Schomburgkia tibicinis</i>	Cuerno
<i>Pleurothallis sp.</i>	
<i>Anthurium schlechtendalif</i>	
<i>Tillandsia caput medusae</i>	"Tencho"

<i>Tillandsia fasciculata</i>	Tencho
<i>Aechmea bracteata</i>	Pita
<i>Selenicereus (Deamia) testudo</i>	Pitaya

### *Selenicereus hondurensis*

En donde hay claridad sale profusamente el bejuco trepador de flor blanca: *Rhabdadenia biflora*. En otros manglares (Sontecomapan, La Mancha, laguna del Ostión, etc.), los árboles están generalmente exentos de parásitos de la familia *Loranthaceae* (corriguelas), pero el manglar del Tonalá muestra una abundancia de parásitos: *Psitacantus sp.*, que ataca al mangle prieto (*Avicennia*) y *Struthanthus cassythoides*, al mangle rojo (*Rhizophora*). Esto se debe quizás a la contaminación por hidrocarburos (\*), que afecta de algún modo los procesos fisiológicos de estas especies y las hace susceptibles al parasitismo.

### **Popal**

Las especies características del popal en el área de estudio son: *Thalia geniculata*, *Pontederia lanceolata*, *Cyperus giganteus*, *Heliconia spp*, *ipomoea fistulosa*, *Typha angustifolia*. De acuerdo con nuestras observaciones de campo, esta comunidad alcanza su límite de distribución septentrional en los alrededores de Lerdo de Tejada, Veracruz.

### **Tasistal**

Esta comunidad es un palmar inundable, pero de menor estatura que el de *Roystonea* (Yagua), generalmente no excede de 4 metros de altura, en tanto que la Yagua alcanza de 15 a 20 m de altura, con hojas en abanico y espinas en el raquis y el pecíolo. Tiende a formar agrupaciones circulares en las depresiones de terreno, (llamadas en inglés "witches rings", anillos de brujas). Se encuentra eventualmente en las partes inundables de los ríos Tonalá y Coatzacoalcos. Tradi-

Véase el vol. 3 de esta serie: Gallegos, M., *Petróleo y Manglar*.

cionalmente se había referido al taxista en México como *Paurotis wrightii*, pero de acuerdo con una revisión taxonómica reciente su asignación más apropiada es como *Acoelarraphe wrightii*.

## Palmares

Los de la región de estudio son una comunidad arborescente que mide de 10 a 15 m de altura. Espaciada, crece sobre suelos planos o en lomeríos, en partes bajas, con clima cálido-húmedo. Su componente florístico más importante es *Scheelea liebmanii* (*Coyol Real* o *Corozo*). Se pueden observar grandes extensiones con esta comunidad por Acayucan, Sayula, Estación Juanita, Medias Aguas. Hacia la región de Nuevo Morelos, Suchil, Vasconcelos, Tepache, y otras cercanas, el palmar además de presentar *Coyol Real* es acompañado por *Sabal yucatanica* o *Yucateco*.

## Palmar inundable

Registramos el palmar inundable en las orillas de los ríos Calzadas, Uxpanapa (en su parte más baja), Tonalá, Coachapa, y otros cercanos. Con frecuencia se le encuentra detrás del manglar, donde el agua ya no es salobre. Vive en suelos planos, pesados, muy arcillosos, inundados la mayor parte del año por el desbordamiento de los ríos y arroyos en la estación lluviosa. El principal componente florístico es *Roystonea aff. dunlapiana* (*Palma Yagua*); lo acompaña en el estrato arbóreo *Scheelea liebmanii* (*Coyol Real*).

Las especies del género *Roystonea* son palmas de enorme tamaño y de una gran belleza; su tronco (estipe) está desprovisto de hojas o pecíolos, y en la parte terminal tiene un anillo verde brillante, que se usa como la característica distintiva de este género. Presenta grandes hojas pinnadas.

*Roystonea* O. f. Cook es un género de la familia Palmae y contiene seis especies en América tropical y en las islas del Caribe. Se usó antes el nombre *Oreodoxa willd* para este género. A este taxon pertenecen: *Roystonea regia*, la palma real de Cuba; *Roystonea oleracea*, de Brasil; *Roystonea elata*, nativa de Florida; *Roystonea beringueana*, de la isla de Puerto Rico, y *Roystonea principes*, endémica de Jamaica.

La especie silvestre en la planicie costera del sureste de

México parece ocupar una posición taxonómica aún incierta, pero puesto que Cowan (1983) y Gutiérrez C. (1985) la citan como *Roystonea aff. dunlapiana* Allen, en el presente estudio se sigue este criterio. Hacia el sur de la región de Minatitlán-Coatzacoalcos-Tonalá (en 'la planicie costera de Tabasco y el norte de Chiapas) son frecuentes los palmares inundados, entre los cuales domina *Roystonea*, sobre todo en la región de La Chontalpa.

## Sabana

En Veracruz existe una amplia extensión de sabana desde las proximidades de Minatitlán hasta San Pedro Sotepan y Papajapan. De acuerdo con nuestras observaciones florísticas, sus elementos son o fueron:

<i>Quercus oleoides</i>	Encino duela
<i>Curatella americana</i>	Raspa viejo
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nanche
<i>Quercus peduncularis</i>	Encino
<i>Quercus</i> sp.	Encino
<i>Coccoloba barbadensis</i>	Uvero
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Pongolote
<i>Apeiba tibourbu</i>	Papachote
<i>Luhea speciosa</i>	Tepecacao
<i>Miconia argentea</i>	Hoja lata

En el estrato herbáceo abundan las gramíneas perennes, junto con *Manfreda brachystachys* (amole), *Calliandra houstoniana*, *Mimosa albida* y otras. Como epífitas observamos: *Brassavola cucullata*, *Catasetum* sp. y *Schomburgkia tibicinis* (cuerno).

## Graminetum

Esta comunidad se conoce localmente como Camalotal por la existencia constante del Camalote o gamalote-Paspalum *fasciculatum* (zacate anual). Vive en las riberas de los ríos y en los planos o bajíos que se llenan de agua en épocas de lluvias. Y vegeta en suelos arenosos o areno-arcillosos. Cuando alcanza su máximo desarrollo, hacia fin de año, mide de

1.5 a 1.8 m de altura. Es muy densa. Ocupa grandes extensiones a orillas de los ríos Coatzacoalcos, Coachapa, Chalchijapa, Chiquito, Suchilapa y Jaltepec; tiene cierta importancia económica, pues el ganado bovino pasta en ella.

Además del camalote, se asocian con él las siguientes especies: *Mimosa pigra* (Zarza), *Sagittaria lancifolia* y *Macharium lunatum*.

### Salixetum

Los afluentes de la ribera derecha del río Coatzacoalcos (Uxpanapa, Coachapa, Solosuchil, Chalchijapa y Suchilapan) nacen en la Sierra atravesada y en sus cursos piemontanos; son corrientes fuertes que cambian a veces de dirección o se bifurcan y forman islas de guijarros y gravas. Aquí se establece una comunidad, que denominamos Salixetum, compuesta por *Salix taxifolia*. Es arbustiva y muy densa, y el agua la cubre en las avenidas del río. Se conoce localmente esta especie como Saucillo o Taray.

### Bambusetum

Esta comunidad vegetal es muy densa, sus tallos y ramas tienen espinas; sus hojas son lineales y largas, los culmos miden de 7 a 9 m de largo y se recurvan en su parte posterior. Ocupa grandes extensiones a la orilla de los ríos, en las partes bajas y medias, donde el suelo es arenoso. Se distribuye discontinuamente en el río Coatzacoalcos, desde cerca de Minatitlán hasta la desembocadura del río. También la hemos visto en el río Uxpanapa, desde su desembocadura hasta la zona de reacomodo; y en las orillas del Coachapa; asimismo, en el Solosuchil, el Chaichijapa, el Suchilapan y el Jaltepec.

En el río Tonalá, aparece desde Abacal hacia arriba, siguiendo las orillas de los dos afluentes que lo forman: por el lado derecho, el río Playas y por el izquierdo el Pedregal. Como en el Coatzacoalcos, en el Tonalá *Bambusa longifolia* empieza a desaparecer hacia el pie de monte de la sierra, donde las riberas se convierten en pedregosas pendientes pronunciadas. Esta comunidad se halla donde termina el agua salobre y comienza la dulce; sigue en forma intermitente hacia arriba, hacia las sierras calizas, hasta que desapare-

ce, donde los ríos se van encañonando y las riberas son rocosas. Por lo general, no se le encuentra más arriba de los 250 msnm. Su rango de distribución geográfica comprende los estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas.

### **Vegetación riparia**

En la zona de estudio va cambiando de la parte baja de los ríos hacia la alta de la sierra. Las corrientes de aguas forman al bajar su lecho rocoso y arrastran materiales (arena, limos, arcillas) que se acumulan en sus márgenes. La vegetación riparia cambia según las condiciones climáticas: en zonas con clima cálido subhúmedo, con una estación seca larga (4-6 meses), prevalecen los árboles de Asuchil: *Astianthus viminalis* o el ahuehuate *Taxodium mucronatum*, junto con el arbusto jarilla: *Baccharis glutinosa*. En zonas con clima más húmedo (grupos Af, Am y Aw de Köppen modificado por García) no crecen ni *Astianthus* ni *Taxodium*. En cambio, son características *Pachira aquatica*, *Pterocarpus*, *Andira galeottiana*, *Lonchocarpus guatemalensis*, *Lonchocarpus hondurensis*, *Pithecellobium spp.* y *Ginnoria nodiflora*.

En la parte baja de los ríos, se halla esta seriación de vegetación riparia:

<i>Bactris sp.</i>	Palma jaguacte
<i>Salix chilensis</i>	Sauce
<i>Inga edulis</i>	Acotopi o Acuatope
<i>Pithecellobium recordii</i>	Amezquite
<i>Pachira aquatica</i>	Apompo
<i>Annona glabra</i>	Anona de río
<i>Andira galeottiana</i>	Macayo
<i>Citharexylum hexangu/are</i>	

La cual se alterna con árboles manchones del jimbal espinudo (*Bambusa longifolia*), en las riberas con suelos arenosos. Curso arriba, donde los ríos han labrado cañones en los cerros calizos, la vegetación riparia cambia: así ocurre por ejemplo, en el encajonado del río Uxpanapa, donde no crece *Bambusa longifolia*, y sí en cambio' los arbustos siguientes:

*Bunchosia* sp.; *Calypthranthes schiedeana* (Escoba); *Lindena rivales*; *Spatyphyllum lacustre*; *Pilea* spp; *Phyllanthus car-diniensis*; así como las herbáceas.

Donde termina el encajonado y donde el Uxpanapa ofrece de nuevo orillas arenosas o gravosas, se encuentran:

<i>Salix taxifolia</i>	Taray
<i>Salix chilensis</i>	Sauce
<i>Inga edulis</i>	Aguatope
<i>Ficus glabrata</i>	Amate de río
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Rosa Morada o Palo gusano
<i>Peterocarpus hayesii</i>	Sangrado

*Symphoria globulífera*. Denominada Resistolillo, debido al látex amarillo-pegajoso que exuda cuando se le hiere. Sólo después de 1975 se conoce en Veracruz, por una colecta hecha a orillas del río Solosúchil en la región del Uxpanapa (M. Vázquez Torres, *com. pers.*, 1 983). Esta es la localidad más septentrional en que la planta se reporta, de acuerdo con nuestras revisiones de herbario. Es muy escasa en México, pero común en Centroamérica, Venezuela, Las Guayanas, Colombia, Ecuador, Perú, Amazona en Brasil, así como en las islas del Caribe. Respecto de la *Annona glabra* (conocida como el anonillo de laguna del Ostión o de río, tiene la peculiaridad de ser un árbol que algunas veces forma comunidades puras, pero que es más frecuente encontrarlo entremezclado en el manglar y el apompal. Por sus raíces zancudas se asemeja al mangle. Es de amplia distribución en América tropical y subtropical, pero siempre habita cerca de la costa. Su área de distribución geográfica va del sur de Florida (donde se le conoce con el nombre común de "pond apple" o manzana de charco), México, Centroamérica y el este de Sudamérica, así como en la costa de algunos países de Africa Occidental, en la cuenca del río Congo.

## Vegetación acuática

Esta vegetación la hemos subdividido en:

Libremente flotante:

<i>Eichornia crassipes</i>	Pantano
<i>Pistia stratiotes</i>	Lechuga de agua
<i>Salvinia auriculata</i>	

Enraizadas emergentes:

<i>Thypha dominguensis</i>	Tule
<i>Nymphoides (Limnanthemum) humboldttanum</i>	
<i>Ludwigia (Jussiaea) suffruticosa</i>	
<i>Ludwigia (Jussiaea) repens</i>	
<i>Cyperus articulatus</i>	
<i>Cyperus sp.</i>	

## Selva alta perennifolia

Esta comunidad es la más majestuosa e imponente que existe en todo el tapiz vegetal del país. La región de Uxpanapa era la última gran extensión continua cubierta por selva alta perennifolia, o bosque tropical perennifolio de Rzedowski, en el estado de Veracruz. Sin embargo, a raíz del programa de reacondo de la presa Cerro de Oro, fueron taladas miles de hectáreas durante 1974 y 1975.

Es una comunidad muy densa. Las copas de los árboles forman un dosel continuo y los troncos son muy gruesos (con diámetros a la altura del pecho entre 0.40 a 2 m); derechos y muy altos (de 25 a 40 m), de cortezas lisas y delgadas, con contrafuertes, gran cantidad de epífitas, lianas y bejucos trepadores. Cuando la selva está virgen el estrato herbáceo es muy disperso y se puede caminar fácilmente. Las palmas dominan el estrato arbustivo. De acuerdo con los datos de los investigadores y con nuestras observaciones de 1974 y de 1983, las selvas de la región de Uxpanapa estaban compuestas por dos variantes: la selva alta perennifolia, que crece en los suelos profundos, y una selva alta subperennifolia, que vegeta en los suelos someros y muy rocosos, sobre rocas kársticas.

A continuación hacemos una tipificación de ambas, por estratos:

Estrato arbóreo superior:

<i>Ceiba pentandra</i>	Pochota
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche
<i>Dialium guianense</i>	Paque
<i>Poulsenia armata</i>	Cuachilama
<i>Terminalia amazonia</i>	Sombrerete
<i>Pouteria sapota</i>	Mamey
<i>Genipa americana</i>	Yoal
<i>Castilla elástica</i>	Hule
<i>Manilkara sapota</i>	Chicozapote
<i>Pithecellobium arboreum</i>	Coralillo
<i>Sterculia mexicana</i>	Castaño
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	Volador
<i>Vochysia hondurensis</i>	Palo de Agua
<i>Sweetia panamensis</i>	
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Bari
<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i>	Tomatillo
<i>Miconia argentea</i>	Hoja de Lata
<i>Inga sapindioides</i>	Aguatope de Montaña
<i>Spondias Mombin</i>	Jobo
<i>Zanthoxylum kerrii</i>	Rabo Lagarto
<i>Talauma mexicana</i>	Magnolia o Yoloxochitl
<i>Albizzia purpussi</i>	Caña Mazo
<i>Ficus laphatifolia</i>	Amate de Montaña
<i>Ficus pertusa</i>	Mata palo
<i>Vatairea lundulifolia</i>	
<i>Astronium graveolans</i>	Gateado
<i>Bursera simaruba</i>	Mulato
<i>Zuelania guidonia</i>	Nopo

y otros más

Estrato arbóreo medio:

<i>Guarea glabra</i>	Cedrillo
<i>Guarea chichon</i>	Cedrillo

**liz**

*Cuararíbea funebris*  
*cymbOpeta'lum'*  
*bai,7tbníHluevo de Mono*  
*Stem,'mádenia' done!!-*  
 MM00%#  
*Aícuwtdisalikwá*  
*Nectandra **ambisu***

Molinillo

Huevo de toro  
 Aguacatillo  
**AguaaWb**

Estrato' arbustivo:

*A&trocarium mexicanum,*  
*Chamçedore,a tepejilote*  
*emasfí-*

Palma de' chicha o chichón:  
*Topeji 1 ote*

**aby=**  
*Bácrís comuno*

Hoja de camedor  
 Jaguacte

Abundan' lásepífil.as,tanto por ele numero de ilrydivi duas-' ca-  
 maos por la diversidad de especies que crecen sobre 'as, tron-  
 cos y **las** ramas de los árboles m lás, grandes. De acuerdo' con,  
 Valdivia (1976)), se encontraron 1' 53 especies y 54 gene=  
 ms, Las familias, más importantes de epífitas son: Polypa-  
 diárceas, Piperáceas, Cactá'ceas,. Bromeliaceas, Aráceas y  
 Whidáceas.

Aharal bien, León Cázares y Gómez Pompa' (1970), Gó-  
 mez Pompa (1973 y 1977) y Graham!A. (,1976a, 1' 97%-y  
 1977) mencionan ¡a presencia de *Podocarpus guatetraleti-*  
**SI van plesar'** en estas selvas, por la región, de Coatza-  
 coalcos, Nanchital y Las: Ch'opa8. A nosotros no nos fue pos-  
 síMI localizar este árbol. Debido a la fuerte tala ocurrida en  
 ios últimos veinte años en esta área, se ha vuelto muy esca-  
 sa o ha desaparecido. Las demás especies *de Podocarpus'*  
 que existen en México, generalmente se encuentran en zo-  
 nas montañosas por arriba de los 1,400 msnmi.. Ahí forman'  
 parte doli bosqu a cad-ucifal~iia y de [os bosglues de niebla. Por  
 nuestra parta, encontramos gran abundancia de *Padórcarpus-*  
 en el Ceno Santa Martha, por arriba de los 1,450 m sn'mi,  
 donde so le conoce como palo campana. Incluso allí un para-  
 jo se llama Cerro Campana por la abundancia de estos árbo-  
 les.. EV género *Podocarpus* es una conífera originaria det he-  
 misferio sur; i se, conocen cerca de 1100' especies distribuidas  
 en l'as sig~uientas- rag'ion, 'es:: sur y este' de, Africa, Sudrarn érica y

Nueva Guinea. En los Andes pertenece al bosque de niebla, bien representado con varias especies. *Podocarpus* emigró hacia el norte a través de las montañas de Centroamérica y México.

En nuestro país se citan las siguientes especies: *P. matudai* Lundell, *P. guatemalensis*, *P. oEIFolius* y *P. rechei* Bucholz. Según Miranda (1952), *P. matudai* existe en Chiapas como parte de la selva baja siempre verde y del bosque deciduo. Rzedowski J. y R. Palacios (1977) mencionan a *P. matudai* como componente del bosque de *Engelhardtia* de la Chinantla, Oaxaca. Puig (1976) habla del bosque caducifolio húmedo de montaña, una de cuyas especies más características es *Podocarpus rechei*, según lo observó en Hidalgo, cerca de Acaxochitlán (a 1,800 msnm) y de Tlanchinol (a 1,500 msnm), también y en el Rancho del Cielo, en Gómez Farías, Tamaulipas (a 1,500 msnm). Nosotros lo hemos colectado en la parte alta de la Sierra de Chiconquiaco, Veracruz; abunda en el bosque y se le conoce comúnmente como palmilla. Sus frutos maduros, rojos, carnosos, son comestibles y son muy buscados y gustados por las aves, quienes posiblemente dispersan las semillas. Finalmente Leonard R. 1. and R. G. Roos (1979) citan a *P. rechei* como parte del llamado "cloud forest" o bosque de nubes, en la Sierra de Gómez Farías, Tamaulipas, área que por cierto es su límite septentrional de distribución.

### **Selva alta o mediana subperennifolia**

Hay ciertas microzonas de la región del Uxpanapa; piemontañas cercanas a los cerros Tres Picos, en los que, por la naturaleza del suelo, que es muy somero y con abundancia de rocas kársticas, la selva no es de talla tan alta como en las áreas de suelos profundos. Aquí los componentes arbóreos pierden el follaje durante una corta temporada de algunas semanas en marzo y abril, en la estación seca. Algunos árboles son los mismos que los de la selva alta, pero aquí los individuos son de menor talla. Los elementos florísticos más conspicuos son: *Brosimum alicastrum* (Ojoche); *Bursera simaruba* (Mulato); *Astronium graveolans* (Gateado).

Hay, sin embargo, árboles casi exclusivos de estas microzonas pedregosas, tales como: *Pseudobombax e//ipticum*,

*Tábébúfa róséa* (Roble); *Plurriériá rúbrá Suchil*); *Combe/adia éhglérfáha* (Tetlali) y *Dracaéna americana*.

Esta última es uña *fliábéaé* arborescente que sé distribuye de México a Honduras.

## Jimbal

Por el interés de la Jimba como novedad botánica, hacemos de su hallazgo una breve relación histórica. En las colectas de marzo y abril de 1974 por las brigadas de carripó, del proyecto botánico-ecológico del río Uxpanápa, se colectaron por primera vez para la ciencia, en la brecha Hermanos Cédillo-La Escuadra, dos bambúes leñosos con frutos carnosos, que reciben los nombres locales de jimba y jimbillá. Se envió el material al Herbario Nacional (MEXU) de la UINAM, donde el personal encargado del aspecto taxonómico clasificó la jimba como *Arthróstyldiúm sp.* En agosto de 1974, Gómez Pompa, *et al.* hacen consideraciones sobre las posibilidades de los usos de la jimba, a la cual que tratan como *Aithróstyldidium sp.*

En abril de 1975, Gómez Pompa, *et al.* publican, el tercer informe, donde al hablar del jimbal dicen, inexplicablemente: "la especie más abundante y dominante es: *Bambusa sp.*", la misma que se definía como *Arthróstyldiurn*. Nosotros, en cambio, ese mismo año observamos ejemplares en el Herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, reproducidos del [Instituto de Biología de la UINAM](http://www.instituto.de), que se clasificaban como *Arthróstyldiúm ditiéri*, especie de bambú conocida sólo en Centroamérica, Sudamérica y Chiapas. En su mayoría, los trabajos posteriores sobre esta región sitúan erróneamente a la jimba en *Arthróstyldium*, basándose en las determinaciones de Vázquez Tórrés (1975), Caballero (1975), Caballero, V.M. Tóledo, *et al.* (1976) y Valdivia (1977). Saló Delgado (1976) ubica a la jimba en *Bambusa sp.*, como se ve en el tercer informe.

Otros trabajos "sobre Uxpanápa" ni siquiera mencionan el género al que pertenece la jimba: Mirguez (1976), Riba y Pérez (1979), Fierimbs Prado, *et al.* (1982) y Alba Landa (1976). En 1981 aparece el trabajo de Márquez; Gómez Pompa y Vázquez sobre la vegetación y la fibra de Uxpanápa; ahí se define al jimbal como: "Una comunidad vegetal

perennifolia, caracterizada por la dominancia de una gramínea leñosa (*Bambusoideae*), cuya determinación taxonómica es dudosa y probablemente corresponde a un nuevo taxon (Soderstrom, comunicación personal). Esta comunidad forma una trama a veces casi impenetrable debido a la densidad y orientación de sus tallos y ramas; también depende del grado de asociación que comparte con otras especies de las selvas altas perennifolias y subperennifolias, así como de especies propias de la vegetación secundaria. Se extiende a lo largo de 15 kilómetros, ocupa los campamentos de La Laguna, La Raya y El Elefante, y continúa hasta Uxpanapa, cubriendo una extensión superior a los 100 km. Está establecida en una zona casi plana, en ocasiones inundable y con pequeños promontorios y hondonadas".

El biólogo Mario Vázquez, profesor de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, envió en 1976 unos duplicados al doctor Thomas Soderstrom, del Herbario Nacional de los Estados Unidos y especialista en bambúes leñosos de América tropical, con el fin de que verificara la identificación. El doctor Soderstrom se percató del error taxonómico y sospechó que se trataba de una nueva especie debido a sus frutos carnosos, y vino a México a realizar una colecta completa de flores y frutos. Después del estudio taxonómico detallado, decidió que merecía destacar como un nuevo género (Soderstrom 1981), "Olmeca: a new genus of mexican bamboos with fleshy fruits", *American Journal of Botany* 68 (10): 1361-1373. El nombre genérico honra a la grandiosa civilización prehispánica, artífice de las colosales cabezas de piedra y de otras obras escultóricas de fama mundial.

Las siguientes características lo distinguen de los otros bambúes leñosos de México, como los géneros *Arthrostyidium*, *Arundinaria*, *Bambusa*, (*Guadua*), *Chusquea*, *Otatea* (*Yushania*), *Rhipidocladum*, entre otros: 1) producción de una sola rama por tallo, 2) producción de frutos carnosos y 3) los culmos no forman grupos cespitosos.

El único género de bambú que se conocía y que presentaba frutos carnosos en América era *Alvimia* (Calderón, C. 1978, de Bahía, Brasil). Este nuevo género sólo presenta hasta el momento dos especies: *Olmeca recta* (jimba) y *Olmeca reflexa* Soderstrom (jimbilla), conocidas hasta el momento sólo en la región de Uxpanapa y en Los Tuxtlas. El

nombre común de jimba se usa en el sureste de México para designar indistintamente a bambúes leñosos pertenecientes a distintos taxones, tales como:

*Bambusa* ( *Guadua* ) *Acu/eata*.- San Lorenzo Tenochtitlan, Veracruz y Escárcega, Campeche (Chavelas P.J., 1982), Simojovel, Chiapas (Miranda, 1952).

*Bambusa longifolia* - río Chaichijapa, río Coachapa, río Uxpanapa, río Suchilapan, Veracruz.

*O/meca recta* - región del Valle de Uxpanapa.

### ***Pinar tropical***

En la ladera sureste del Volcán Santa Martha, abunda este pinar, que se distribuye entre los 600 y los 800 msnm, en colindancia con la selva alta perennifolia; por arriba se da un encinar de *Quercus peduncu/ars*. Crece sobre suelos lateríticos, muy rojos, en clima cálido-húmedo. Su estrato arbóreo está compuesto por *Pinus oocarpa* (Ocote), y su estrato arbustivo y herbáceo es de plantas de afinidad tropical: *Byrsonima crassifolia* (Nanche); *Conostegia xalapensis* (Teshuate); *Lippia sp.* y varias gramíneas.

Se localiza próximo a los poblados de San Fernando, Ocotál Grande y Ocotál Chico. Es un enigma la presencia del pinar en esta zona con clima cálido-húmedo, donde supuestamente debería hallarse, por las condiciones de suelo y clima, una selva alta perennifolia. De hecho, sólo ahí existe un bosque de *Pinus oocarpa* dentro de Veracruz. Sin embargo, es muy común en Oaxaca, donde ocupa grandes extensiones, en los colinados con suelo rojo. Nosotros detectamos una franja casi continua que sigue los faldeos de la Sierra Mixe, por Puxmetacan, Matamoros (arriba de San Juan Guichicovi), Santo Domingo Petapa (arriba de Guevea de Humboldt), hasta Lachiguiri. Por lo general se asocia a suelos pobres en nutrientes. Ni los mixes ni los populacas de San Pedro So-teapan, San Fernando, Ocotál, Ocozotepec y otras regiones, siembran café donde crece el *Pinus oocarpa*, pues su cultivo y producción son muy raquíuticos.

La existencia de estos pinares tropicales quizá se explique mejor por los cambios climáticos ocurridos durante las glaciaciones del pleistoceno que ocasionaron grandes bajas de temperatura. Tal es la hipótesis de Toledo Manzur (1975). Con el descenso de la temperatura, la vegetación de zonas

templadas: pinos, encinos, liquidámbar, y otras especies, invadieron las áreas tropicales. Al finalizar la glaciación y con el aumento de la temperatura, la vegetación tropical (*Brosimum*, *Terminálie*, *Ceiba*, *Cedrela*, *Swietenia*, entre otras, re= colonizó sps antiguas áreas, pero no pudo hacerlo en aquellas regiones de suelos pobres, rocosos o tepetatosos, precisamente donde crecen hoy los encinares y los pinares tropicales del país.

Durante nuestro primer viaje a la Sierra de Santa Martha, observamos grandes macollos, de bambú que crecen en las pequeñas cañadas, en los alrededores de San Fernando, Qcotai Chico y Qcotál Grande. Posteriormente, durante noviembre de 1983, pudimos constatar que habían muerto todas las poblaciones de jimba con espina, *Bambusa Guadua a, culeata*, en las inmediaciones de San Fernando y en el ascenso hacia el Volcán Santa Martha. Se nos informó que florecieron durante abril y mayo de ese año, y sólo vimos gran cantidad de plántulas de unos 80 cm de altura.

### **Bosque de *Pinus Strobus* var. *Chiapensis***

En la Sierra Mixe, en el tramo entre Zacatepec Mixe hacia Matamoros, observamos amplias extensiones cubiertas por una comunidad vegetal compuesta fundamentalmente por *Pinus strobus* var. *Chiapensis*. Esta especie crece sobre lomeríos con pronunciadas pendientes, en clima templado-húmedo y sobre una altura que va de los 1,500 a los 2,000 msnm. Este pinar es de una elegancia extraordinaria,, por la forma de los árboles y por su fino follaje. Al igual que las otras especies de la sección Ayacahuite del género *Pinus*, el *Pinus strobus* var. *Chiapensis* muestra troncos rectos y madera blanca de muy buena calidad para el trabajo.

*Pinus strobus* tiene una rara distribución: es el llamado pino blanco ("white pine") proveniente desde el sureste de Canadá y del noreste hasta el sur de los Estados Unidos y el noreste de México; luego reaparece en Puebla, Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Guatemala. Sólo que aquí manifiesta ligeras diferencias rriorfológicas que condujeron a Maximino Martínez a separarlo en una variedad distinta, que describe con hojas más finas y tres canales resiníferos en lugar de dos en las hojas, por ejemplo.

## Bosque Caducifolio

Este tipo de vegetación es, junto con la selva alta perennifolia la comunidad vegetal con mayor riqueza florística en el país ya Toledo Manzur (1969) destaca esta diversidad vegetal. Esta riqueza se debe a que el estrato arbóreo y arbustivo es una mezcla de elementos de afinidad boreal con los Estados Unidos y Canadá, y de afinidad meridional con los Andes.

El bosque se encuentra en las laderas de los volcanes de Santa Martha y San Martín Pajapan, entre los 1,000 y 1,450 msnm. Ha crecido sobre suelos profundos, derivados de cenizas volcánicas, con fuertes pendientes, en clima templado-húmedo y neblinas frecuentes. Los trabajos de Andrieu (1964) y Sousa Sánchez (1968) describen este bosque. Con la referencia de dichas obras y con nuestras observaciones, hallamos los siguientes elementos arbóreos que lo forman:

<i>Liquidambar macrophyla</i>	Ocozote
<i>Quercus skinerii</i>	Encino o Roble
<i>Ulmus mexicana</i>	Cuerillo
<i>Podocarpus matudae</i>	Campana
<i>Magnolia schiedeana</i>	
<i>Hedyosmum mexicanum</i>	
<i>Meliosma alba</i>	
<i>Oreopanax xalapensis</i>	
<i>Engelhardtia (Oreomunea) mexicana</i>	
<i>Roupala borealis</i>	
<i>Turpinia paniculata</i>	
<i>Rapanea jurgensenii</i>	
<i>Sauraria sp.</i>	

Es muy conspicua la presencia de helechos arborescentes en esta comunidad, los cuales pertenecen a los siguientes taxones (Riba, R., 1981):

<i>Alsophiia salvinii</i>	<i>Sphaeropteris horrida</i>
<i>Cyathea divergens</i>	<i>Trichiptens microdonta</i>
<i>Nephelea tryoniana</i>	<i>Trichiptens schideana</i>

## Selva baja perennifolia

Llamada así por Miranda y Hernández (1963'), también se denomina bosque enano, (en inglés "elfin forest", "elfin woodland" o "mossy forest"). En México sólo se conoce en Veracruz y Chiapas. Esta asociación es muy difícil de delimitar por su estrecho parentesco con el bosque caducifolio, si bien se [diferencia](#) por presentar árboles de menor talla, ramas retorcidas y una gran abundancia de epífitas, helechos, orquídeas, musgos y otras especies semejantes.

Según Miranda y Salmán (1950), esta selva se encuentra en regiones montañosas, entre 1,000 y 2,500 msnm, en climas con temperatura media anual inferior a los 18.1°C. Son muy húmedos y frecuentemente están expuestos a vientos constantes y nieblas continuas. Las precipitaciones anuales son superiores a 1,500 mm. Álvarez del Castillo (1977) hace un estudio detallado de esta vegetación en la cima del Volcán San Martín Tuxtla, aunque también se le halla en la cima del Santa Martha y el San Martín Pajapan. Álvarez menciona como principales componentes florísticos a las siguientes especies:

*Oreopanax xalapensrs*  
*Viburnum acutifollum*  
*Cletrha suaveolens*  
*Chamaedorea* sp.  
*Ga. ultheria nítida*  
*Myrica cerífera*  
*Litsea glaucescens*  
*Oreopanax capitatum*  
*Xyiosma* sp.  
*Meliosma den tata*

*Rapanea jurgensenü*  
*Ilex pringlei*  
*Clusia salvinli*  
*Senecio arborescens.*  
*Rhamnus capraefolia*  
*Trema micrantha*  
*Saurauia villosa*  
*Hedyosmum mexicanum*  
*Citharexylum lucidum*

Todos estos elementos forman parte del bosque caducifolio de las laderas del Cofre de Perote y el Pico de Orizaba (Chávez, 1982'). Sin embargo, existen ciertas diferencias físicas por la talla de los árboles, las ramas retorcidas, la abundancia de epífitas y el follaje perenne del bosque enano. Al subir a la cima del Volcán Santa Martha anotamos nuestras observaciones a partir de los 1,500 msnm, predominan en el bosque las especies *Oreomunnea* (*Engelhardia mexicana*) y *Podocarpus* sp. (palo campana). A esa altura la

abundancia de epífitas es excesiva y colectamos las siguientes especies:

*Epiphyllum affine ramosum*  
*M. luiseo-alba*  
*Pleurothallis cardiochylus*  
*P. ophiocephalus*  
*Arpophyllum spicatum*  
*Epiphyllum capitatulum*

*Maxillaria cuculata*  
*M. densa*  
*Pleurothallis tubatus*  
*Jacquiniella* sp.  
*Dichaea* sp.  
*Lycaste* sp.

*Masdevallia simulans*  
*Encyclia pygmaea*  
*Anthurium* sp. etc.

*Isochilus mayor*  
*Encyclia vitellina*

### :Pinar de altura

En la parte más alta del cerro Cempoaltepetl en la Sierra Mixe, vimos que por arriba de los 3,1010 msnm aparece lo que, en un trabajo florístico anterior, denominamos pinar de altura. Este bosque tiene árboles espaciados, sin estrato arbustivo. El estrato herbáceo está compuesto por zacates a los lados, como *Mulhenbergia*, *Calamagrostis* y *Stipa* y algunas herbáceas anuales, como *Eryngium*, *Lupinus* y *Compositas*. Los únicos árboles son *Pinus hartwegii* y *Pinus rudis*. El pinar de altura existe en las altas montañas del centro de México, en el eje neovolcánico; crece también en el Pico San Antonio Peña Nevada, en Nuevo León y Tamaulipas, y en el Pico Potosí, en Nuevo León.

### Agrupaciones vegetales secundarias

La acción devastadora del hombre sobre el manto vegetal se ha sentido mucho en las últimas décadas en la cuenca del Coatzacoalcos. La industria petrolera, la colonización de campesinos provenientes de otros estados como Jalisco, Guerrero, México, Morelos, Guanajuato y Michoacán; el programa nacional de desmontes del FONAFE (Fondo Nacional de Fomento Ejidal), el programa de reacondicionamiento de la presa Cerro de Oro en el Valle de Uxpanapa: todo esto ayuda, por desgracia a la destrucción de nuestros recursos naturales (Szekely, M. y Restrepo I., 1988).

La vegetación secundaria que reemplaza a la original depende en gran medida del carácter de la perturbación: desmonte con hacha y machete, desmonte con maquinaria (bulldozer) y uso o no de fuego; también depende del tipo de vegetación primaria: selva alta perennifolia, sabana, dunas costeras y otras. El Valle del Uxpanapa, por ejemplo, estuvo cubierto por grandes extensiones de selva alta hasta principios de la década de los setenta. En esta época fue elegido como área de reacomodo de los indígenas chinantecos y ojitecos desalojados por la construcción de la presa Cerro de Oro. Entonces tuvo lugar un desmonte masivo con bulldozers, y en un par de años la mayor parte del suelo ya se dedicaba a la siembra de granos y pastos. Así, después de unas cuantas cosechas se abandonaron muchas parcelas e hizo su aparición la vegetación secundaria en sus distintas etapas, hasta transformarse en acahuals, en tanto que otras parcelas fueron chapeadas de las malezas para convertirse en potreros de zacates nativos llamados gramas.

En un acahual joven, de 1 ó 2 años de edad, las primeras plantas en aparecer son gramíneas y compuestas anuales, así como también el guaco, *Aristolochia grandiflora*, el llamado quiebraplatos, *Pomoea spp.* y la especie Kudsu, *Mucuna argyrophylla*. Pocos años después nacen hierbas con ciclo de vida más largo, como el platanillo, *Heliconia spp.*, la papata, *Canna sp.*, la hoja blanca, *Caesalpinchia lutea*, el margaritón, *Tithonia diversifolia*, *Neurolena lobata*, hierba amarga *Piper hispidum*, *Coctus vellosissimus* la caña agria, y otras más.

Posteriormente viene el acahual arbóreo, cuyas principales especies son:

<i>Cecropia obtusifolia</i>	Chancarro
<i>Heliocarpus done-smithii</i>	Jonote
<i>Schizolobium parahybum</i>	Picho o judío
<i>Trichospermuni (Becotia mexicana)</i>	Jonote real o Majagua
<i>Trema micrantha</i>	Capulín
<i>Ochroma lagopus</i>	Palo de corcho o' palo de balsa
<i>Cordia alliodora</i>	Solerillo o Suchícahua

De acuerdo con el estudio hecho por Márquez Ramírez (1976) sobre la vegetación secundaria en el Valle del Uxpampa, la especie que alcanzó los mayores registros de abundancia y frecuencia fue: *Eupatorium pycnocephalum* (acahualera), seguida por otras, entre las que destacan: *Phytolacca* (jaboncillo), *Lespedeza bicolor* (pata de picho), *Solanum diphyllum* (hierba mora), *Clidemia octona* (hojalatillo), *Lasiacis* sp. (carricillo), *Cyperus esculentus* (parque), *Acalypha* spp. (tapa camino), *Paspalum conjugatum* (grama), *Phyllanthus niruri*.

Por cierto, en los acahuales nacen herbáceas cuyas hojas son comestibles y que los campesinos cosechan para completar su dieta; son conocidas como quelites y entre las cuales, podemos anotar especies del género *Amaranthus*, *Phytolacca*, *Solanum*, y otras.

## **Consideraciones principales**

1. Respecto de la Sierra de Los Tuxtlas: es una de las regiones más bellas de México, por sus paisajes escénicos, sus numerosas lagunas-cráteres, sus innumerables ríos, riachuelos y arroyos, su infinidad de volcanes, su atmósfera tropical y su costa cercana. Es uno de nuestros últimos paraísos.

Sin embargo, su fisonomía y su clima han cambiado grandemente en los últimos años. Una extensa tala ha transformado drásticamente el paisaje. Primero, con el fin de sacar la madera; luego para abrir tierras y dedicarlas al cultivo, pero sobre todo para el establecimiento de potreros con fines ganaderos.

Todo esto constituye una seria amenaza para uno de los bienes patrimoniales irremplazables de los mexicanos y de la humanidad.

2. Respecto del Delta del río Coatzacoalcos: la región de la cuenca baja del río Coatzacoalcos es la más dañada por las actividades humanas. Prácticamente no existe en la actualidad un manchón de vegetación primaria en las cercanías de Minatitlán y Coatzacoalcos.

No obstante que se han realizado algunas investigaciones serias sobre la vegetación de las tierras bajas, éstas han carecido de la continuidad necesaria y no obedecen a un programa sistemático de conocimientos de estas comunidades vegetales. En estas condiciones poco se sabe sobre la vegetación de dunas costeras, litorales, planicies de inundación y riparias.

3. Respecto del Valle de Uxpanapa: es uno de los más debatidos casos de destrucción ecológica en el país. Se ha hecho caso omiso de las recomendaciones de la comunidad científica nacional respecto al de los usos múltiples de este recurso.
4. Respecto a la Sierra Mixe: el hacha también ya ha llegado a esta apartada región. Los bosques de pino acalocote (*Pinus Strobus varchiapensis*) han sido ya altamente perturbados. Por fortuna, persiste aún un formidable bosque de niebla en las faldas del Cempoltépetl, que es preciso proteger y estudiar a fondo.

TABLA 1

**Listado florístico.**

Se ofrece ahora una relación de las plantas colectadas durante el estudio de la vegetación en las cuencas de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá:

Número de Colecta	Género y Especie	Familia
-------------------------	------------------------	---------

Río Tonalá y Río Calzadas, mayo de 1983:

2717	<i>Pachira aquatica</i>	<i>Bombacaceae</i>
2718	<i>Paurotis wrightii</i>	<i>Palmae</i>
2719	<i>Struthanthus</i>	<i>Loranthaceae</i>
2720	<i>Commelina erecta</i>	<i>Commelinaceae</i>
2 721	<i>Psidium guajava</i>	<i>Myrtaceae</i>
2722	<i>Epidendrum oncidoides</i>	<i>Orchidaceae</i>
2723	<i>Phaseolus atropurpureus</i>	<i>Leguminosae</i>
2724	<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Rhizophoraceae</i>
2725	<i>Lonchocarpus</i>	<i>Leguminosae</i>
2 726	<i>Pithecellobium</i>	<i>Leguminosa mimosoideae</i>

Río Tonalá y Uxpanapa, junio de 1983:

2774	<i>Passiflora sp.</i>	<i>Passifloraceae</i>
2775	<i>Bacopa monieri</i>	<i>Scrophulariaceae</i>
2776	<i>Ouratea nitida</i>	<i>Ochnaceae</i>
2777	<i>Inga sp.</i>	<i>Legum, inosae</i>
2778	<i>Pithecellobium</i>	<i>Leguminosae</i>
2779	<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Rhizophoraceae</i>
2780	<i>Struthanthus cassythiodes</i>	<i>Loranthaceae</i>
2 781	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperaceae</i>
2782	<i>Struthanthus</i>	<i>Loranthaceae</i>
2783	<i>Pithecellobium recordli</i>	<i>Leguminosae</i>
2784	<i>Ficus tecolutensis</i>	<i>Moraceae</i>
2785	<i>Phoradendron wawrae</i>	<i>Loranthaceae</i>
2786	<i>Inga edulis</i>	<i>Leguminosae</i>
2787	<i>Bambusa longifolia</i>	<i>Gramineae</i>

2788	<i>Cyperus</i>	Cyperaceae
2789	<i>Aechmea mexicana</i>	Bromeliaceae
2790	<i>Anthurium crassinervium</i>	Araceae
2791		
2792	<i>Pithecellobium</i>	Leguminosae
2793	<i>Salvinia auriculata</i>	Salviniaceae

Río Tonalá, Arroyo Blasillo, junio de 1983:

2803	<i>Pachira aquatica</i>	Bombacaceae
2804	<i>Tillandsia streptophylla</i>	Bromeliaceae
2805	<i>Rhizophora mangle</i>	Rhizophoraceae
2806	<i>Rhabdadenia biflora</i>	Apocynaceae
2807	<i>Crescentia cujete</i>	Bignoniaceae
2808	<i>Hymenocallis littoralis</i>	Amaryllidaceae
2809		Bignoniaceae
2810		Orchidaceae
2811	<i>Cissus</i>	Vitaceae
2812	<i>Codonanthe crassifolia</i>	Gesneriaceae
2813	<i>Cyperus surinamensis</i>	Cyperaceae
2814	<i>Paspalum fasciculatum</i>	Gramineae
2815	<i>Eichornia azurea</i>	Pontederiaceae
2816	<i>Ludwigia repens</i>	Onagraceae
2817		
2818		
2819	<i>Ficus</i>	Moraceae
2820		Scrophulariaceae
2821		Leguminosae mimosoideae
2822	<i>Panicum mertensii</i>	Gramineae
2823		
2824	<i>Ludwigia</i>	Onagraceae
2825		
2826		
2827	<i>Cleome spinosa</i>	Capparidaceae
2828	<i>Eragrostis hypnoides</i>	Gramineae
2829		Boraginaceae

Río Coatzacoalcos, agosto de 1983:

2841	<i>Cyperus luzulae</i>	Cyperaceae
2842	<i>Solanum</i>	Solanaceae
2843		Rubiaceae

2844	<i>Ficus</i>	Moraceae
2845	<i>Cleome spinosa</i>	Capparidaceae
2846	<i>/nga edulis</i>	Leguminosae
2847	<i>Helecho epifito</i>	
2848		
2849	<i>Bambusa aculeata</i>	Gramineae
2850	<i>Bambusa longifolia</i>	Gramineae
2851	<i>Struthanthus</i>	Loranthaceae
2852	<i>Parmentiera edulis</i>	Bignoniaceae
2853	<i>Psitacanthus</i>	L oranthaceae
2854	<i>Solanum</i>	Solanaceae
2855		
2856		Leguminosae faboideae
2857	<i>Pitheceiiobium</i>	L eguminosae
2858	<i>Salvinia</i>	Salviniaceae
2859		Scrophuslariaceae
2860	<i>Nymphoides aff humboldtianum</i>	Menyanthaceae
2861	<i>Rhizophora mangle</i>	Rhizophoraceae
2862	<i>Lonchocarpus</i>	Leguminosae
2863		Maranthaceae
2864	<i>Crataeva tapia</i>	Capparidaceae
2865		
2866		
2867	<i>Cassia fruticosa</i>	Leguminosae

Río Uxpanapa (tramo encajonado):

2900	<i>Pitcairnia tabulaeformis</i>	Bromeliaceae
2901	<i>Salix taxifolia</i>	Salicaceae
2902	<i>Olmeca, bambu trepador o</i> <i>Arthrostylidium</i>	Gramineae
2903	<i>/nga edulis</i>	Leguminosae
2904	<i>Pilea</i>	Urticaceae
2905	<i>Anthurium</i>	Araceae
2906	<i>Calypthranthes</i>	Myrtaceae
2907	<i>Bunchosia</i>	Malpighiaceae
2908	<i>Peperomia</i>	Piperaceae
2909		Acanthaceae
3000	<i>Aphelandra</i>	Acanthaceae
3001	<i>Smilax</i>	Liliaceae

Río Tonalá, julio de 1983:

3002	<i>Hyppocratea mexicana</i>	<i>Hyppocrateaceae</i>
3003		
3004	<i>Schomburgkia tibicinis</i>	<i>Orchidaceae</i>
3005	<i>Solanum</i>	<i>Solanaceae</i>
3006		
3007	<i>Ipomoea stolonifera</i>	<i>Convolvulaceae</i>
3008		<i>Rubiaceae</i>
3009	<i>Tillandsia streptophylla</i>	<i>Bromeliaceae</i>
3010	<i>Aechmea</i>	<i>Bromeliaceae</i>
3011	<i>Brassavola nodosa</i>	<i>Orchidaceae</i>
3012	<i>Tillandsia caput-medusae</i>	<i>Bromeliaceae</i>

Santa Martha (por San Fernando), noviembre de 1983:

3013	<i>Manfreda brachystachys</i>	<i>Amaryllidaceae</i>
3014	<i>Schonocaulon officinale</i>	<i>Liliaceae</i>
3015	<i>Epidendrum aff. ramosom</i>	<i>Orchidaceae</i>
3016	<i>Maxillaria</i>	<i>Orchidaceae</i>
3017	<i>Apeiba tibourbou</i>	<i>Tiliaceae</i>
3018	<i>L uhea speciosa</i>	<i>Tiliaceae</i>
3019	<i>Merremia</i>	<i>Convolvulaceae</i>
3020	<i>Maxillaria luteo-alba</i>	<i>Orchidaceae</i>
3021	<i>Coix lachryma jobi</i>	<i>Gramineae</i>
3022	<i>Dalea</i>	<i>Leguminosae</i>
3023	<i>Quamoclit</i>	<i>Convolvulaceae</i>
3024	<i>Passiflora</i>	<i>Passifloraceae</i>
3025		<i>Compositae</i>
3026	<i>Syngonium</i>	<i>Araceae</i>
3027	<i>Olyra latifolia</i>	<i>Gramineae</i>
3028	<i>Marantha arundinaceae</i>	<i>Maranthaceae</i>
3029	<i>Cassia spectabilis</i>	<i>Leguminosae</i>
3030	<i>Plantula bambusea aculeata</i>	<i>Gramineae</i>
3031	<i>Aphelandra</i>	<i>Acanthaceae</i>
3032	<i>Jacquiniella</i>	<i>Orchidaceae</i>
3033	<i>Quercus skineri</i>	<i>Fagaceae</i>
3034	<i>Pleurothallis</i>	<i>Orchidaceae</i>
3035	<i>Encyclia vitellina</i>	<i>Orchidaceae</i>
3036	<i>Maxillaria cucullata</i>	<i>Orchidaceae</i>

Zona Reacomodo Uxpanapa (hacia Río Oaxaca), junio de 1984:

3053	<i>Croton</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
3054	<i>Quararibea aff. funebris</i>	<i>Bombacaceae</i>
3055	<i>Capparis</i>	<i>Capparidaceae</i>
3056	<i>Cymbopetalum</i>	<i>Annonaceae</i>
3057	<i>Lonchocarpus</i>	<i>Léguminosae</i>
3058	<i>Randia</i>	<i>Rubiaceae</i>
3059	<i>Quararibea</i>	<i>Bombacaceae</i>
3060		<i>Rubiaceae</i>
3061	<i>Carludovica palmata</i>	<i>Cyclanthaceae</i>
3062	<i>C/eome serrata</i>	<i>Capparidaceae</i>
3083	<i>Begonia</i>	<i>Begoniaceae</i>
3064	<i>Orthoclada laxa</i>	<i>Gramineae</i>

Río Tonalá (afluente Río Playas):

3065	<i>Artocarpus incisa</i>	<i>Moraceae</i>
3066	<i>Allamanda cathartica</i>	<i>Apocynaceae</i>
3067		<i>Apocynaceae</i>
3068	<i>Coccoloba diversifolia</i>	<i>Polygonaceae</i>
3069	<i>Randia</i>	<i>Rubiaceae</i>
3070	<i>Ficus</i>	<i>Moraceae</i>
3071	<i>Ficus</i>	<i>Moraceae</i>
3072	<i>Ficus</i>	<i>Moraceae</i>
3073	<i>Marsilea quadrifolia</i>	<i>Marsileaceae</i>
3074	<i>Aechmea</i>	<i>Bromeliaceae</i>
3075	<i>Anthurium</i>	<i>Aranceae</i>
3076	<i>Anthurium</i>	<i>Aranceae</i>
3077	<i>Dioffenbachia</i>	<i>Aranceae</i>
3078	<i>Pleuranthodendron mexrcanum</i>	<i>Flacourtiaceae</i>
3079	<i>Syngonium</i>	<i>Aranceae</i>
3080	<i>Pithecellobium</i>	<i>Leguminosae</i>
3081	<i>Diospyros</i>	<i>Ebenaceae</i>
3082	<i>Hylocereus undatus</i>	<i>Cactaceae</i>
3083		
3084		

Volcán Santa Martha (por Magallanes, Piedra Parada y Guadalupe Victoria), enero de 1985:

3085		Gramineae
3086	<i>Bahuinia</i>	Leguminosae
3087		Compositae
3088		Compositae
3089	<i>Marantha arundinaceae</i>	Maranthaceae
3090	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Gramineae
3091	<i>Lasíacis</i>	Gramineae
3092		Gramineae
3093		Leguminosae faboideae
3094	<i>Turbina corymbosa</i>	Convolvulaceae
3095	<i>/pomoea tuberosa</i>	Convolvulaceae
3096	<i>Chamaedorea</i>	Palmae
3097	<i>Olyra la tifolia</i>	Gramineae
3098		Scrophulariaceae
3099	<i>Chamaedorea</i>	Palmae
3100		

## II. LA FAUNA

### 1. La fauna acuática

#### La microfauna

##### Río Tonalá

De los estudios de la microfauna (fitoplancton, zooplancton e ictioplancton), y de las larvas de peces y crustáceos se puede derivar que el sistema del río Tonalá se encuentra gravemente empobrecido (mapa 2). Los datos más relevantes que nos confirman este hecho son los siguientes:

*Respecto al fitoplancton:* Se determinaron 112 géneros, con dominio de los de origen dulceacuícolas, tales como: *Nitzschia*, *Navicula*, *Cyclotella*, *Gyrosigma*, *Euglena*, *Phacus*, *Crucigenia*, *Ulothrix* y *Anabaena* (tabla II). La zona de Cinco Presidentes, por sus características manifestadas durante el periodo de estudio, registra una mayor densidad fitoplanctónica, la cual permanece más o menos constante a lo largo del ciclo anual (tabla II).

*Respecto al Zooplancton:* El río Tonalá se caracteriza por ser un sistema con un ambiente inestable y que tiene efectos directos sobre las características cualitativas y cuantitativas de la comunidad zooplanctónica.

La hidrodinámica del río presenta dos periodos:

*De dominio marino,* cuando ocurre abundancia zooplanctónica del ciclo y hay una comunidad caracterizada por las especies estuarinas y por su número reducido. Nuestra investigación reporta las siguientes en orden de importancia: *Acartia tonsa*, *Favella panamensis*, *Oithona ssp.* *Tintinopsis ssp.*, larvas nauplio de *Ba/anus improvisus*, *Brachionus p/icaltilis*. Consideramos éste el periodo más productivo en el área de estudio, con una biomasa alta por la gran abundancia de copépodos. Especialmente la mayor densidad ocurre en la parte media y baja del río, donde predominan marcadas

características estuarinas, especialmente en la sección de Cinco Presidentes, debido a la baja tasa de circulación de sus aguas, la cual las hace más productivas que la otra parte del río.

*De dominio limnético*, periodo en el cual la comunidad estuarina es reemplazada lentamente conforme avanza el dominio de las aguas limnéticas. La comunidad en este periodo es rica en especies y pobre en número de organismos; este comportamiento se debe al lavado de especies del ambiente béntico al planctónico. La comunidad dominante más importante está constituida por: *Cyclops panamensis*, *Moina micrura*, *S. dietersi*, *L. luna*, *P. quadricornis*, *K. cochlearis*, *C. venustoides*, las cuales presentan un' dominio moderado.

*Respecto al Ictioplancton*: El río Tonalá exhibe un fuerte comportamiento hidrodinámico, caracterizado por el dominio marino en el primer periodo y el dominio limnético en el segundo; ello rige la composición, distribución y abundancia de la comunidad ictioplanctónica. Los huevos se presentaron dentro de la zona de estudio exclusivamente durante el periodo de dominio marino, distribuidos con mayor abundancia en la parte media-baja del río. La comunidad ictioplanctónica se representó en 12 familias, de las cuales sólo pudimos clasificar 12 géneros y 9 especies; las más importantes debido a la abundancia de larvas fueron las familias *Gobliidae* (91.78%), *Sciaenidae* (4.60%) y *Engraulidae* (3.17%).

La abundancia de larvas durante el ciclo presentó dos periodos: el primero de febrero a junio, en que es escasa, distribuida en la parte baja del río; estas larvas en su mayoría son de origen marino. El segundo, de julio a noviembre, caracterizado por una elevada abundancia y con una amplia distribución en toda el área de estudio; estas larvas tienen un origen limnético. La mayor abundancia de larvas ictioplanctónicas dentro del sistema ocurre durante las estaciones verano-otoño, y se advierte una relación de ésta con la época de lluvia.

El componente ictioplanctónico más típico del sistema durante los meses de dominio marino lo tuvo *B. chrysura* y *A. mitchelli*; para el periodo de dominio limnético fue la familia *Gobliidae*. Dentro de la zona de estudio, la comunidad ictioplanctónica lleva a cabo de manera parcial o total su desarrollo embrionario y larval. Durante estos estadios, es más

susceptible de morir por la influencia de los factores adversos del ambiente. Debido a ello, es indispensable conservar este sistema en las condiciones más naturales e inalterables, de modo que las especies que la frecuentan o habitan encuentren las condiciones óptimas para su supervivencia, y se asegure así el uso permanente de este recurso.

*Respecto a los estados larvales:* El verano es la estación del año donde ocurre la mayor abundancia de estados larvales, particularmente en julio. Las estaciones más productivas de la zona son las que se ubican en la parte media-baja del río y en la sección de Cinco Presidentes; en ellas se registran salinidades elevadas y gran abundancia zooplanctónica.

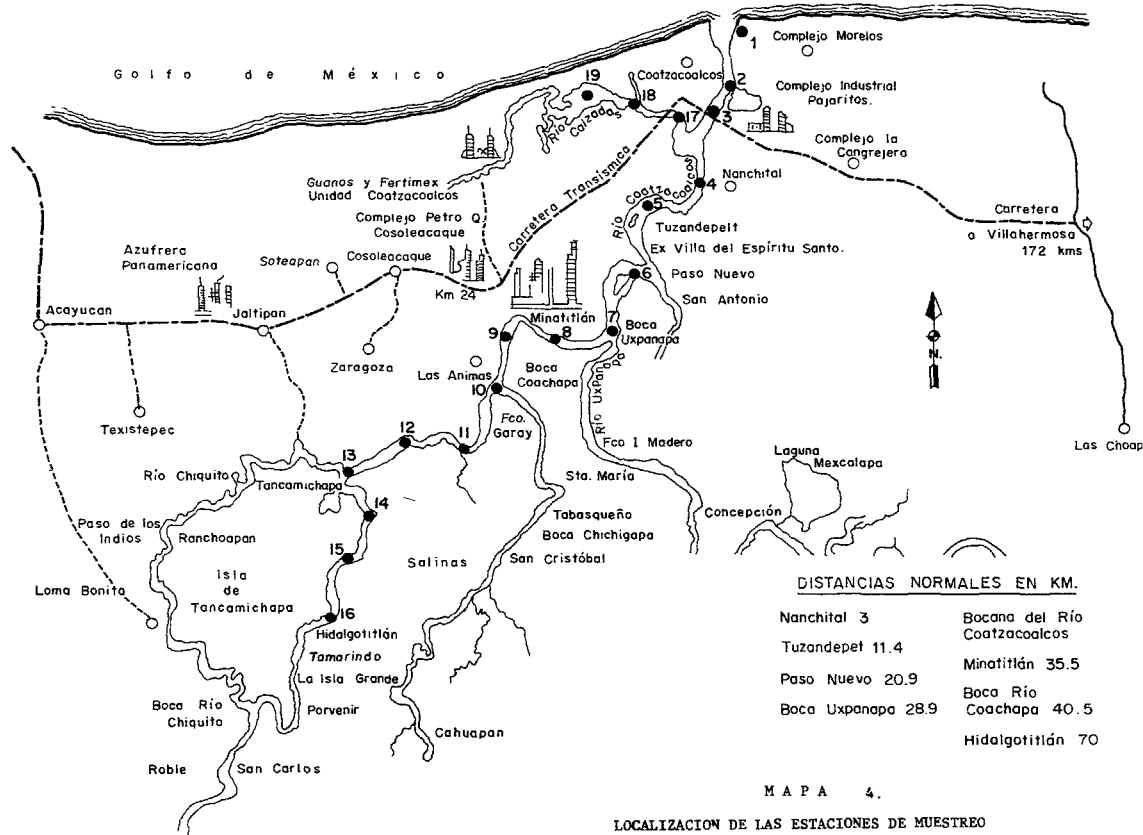
Las familias *Grapsidae* y *Pa/aemonidae* resultaron ser las más copiosas; utilizan el área de estudio como zona de reproducción. La mayor diversidad de larvas se presentó en el periodo del dominio marino, como resultado del ingreso de las larvas de la región costera al estuario por efecto de la corriente de marea.

Ya que los crustáceos son muy susceptibles durante sus estados larvales, es necesario evitar los derrames y vertidos de la industria petrolera dentro del sistema, principalmente durante el periodo de dominio marino, cuando la acumulación de estas sustancias es mayor, y puede traer consecuencias catastróficas para las poblaciones que se reproducen ahí.

### *Río Coatzacoalcos*

La información obtenida en los estudios de la microfauna y de la microflora alga) nos revelaron el serio peligro a que se encuentran expuestas estas comunidades debido a la baja calidad de las aguas del sistema (tabla III y mapa 4). Los datos más relevantes fueron los siguientes:

*Respecto al fitoplancton:* La densidad fitoplanctónica mostró una correlación negativa con la precipitación pluvial. La densidad de algas en el río fluctuó de 11,200 cel/l en mayo de 1983 a 495,325 cel/l en marzo de 1984; en el río Calzadas fue de 101,000 cel/l en septiembre de 1983 y 78'387,000 cel/l en mayo de 1983 como mínimo y máximo,, respectivamente. Esta gran diferencia en las densidades es el resultado de la hipereutroficación que recibe el río Cal-



M A P A 4.

LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

zadas por los vertidos de la industria de fertilizantes; en altas concentraciones aquélla es perjudicial para el desarrollo de la vida acuática.

*Respecto al Zooplancton:* La abundancia zooplanctónica exhibe una fuerte influencia de los factores meteorológicos dominantes en la zona. La época de mayor densidad zooplanctónica corresponde al estiaje. Especialmente la mayor abundancia se manifiesta en la parte media-baja del río Coatzacoalcos y Calzadas. La comunidad mejor representada es la de rotíferos y sobresalen por su alta densidad *Brachionus plicatilis*.

Cabe señalar el poco conocimiento que se tiene de las comunidades zooplanctónicas de los sistemas fluviales tropicales.

*Respecto al Ictioplancton.* Durante el periodo de dominio marino se produjo la mayor abundancia relativa de huevos en la parte media baja del río, la cual se utiliza como zona de reproducción en esta época. Los estadios larvales se presentaron durante todo el ciclo anual, y la mayor abundancia relativa fue en septiembre, que corresponde al periodo de lluvias con el dominio de aguas limnéticas. La mayoría de las larvas del ictioplancton correspondió a la familia *Gobidae* y en menor número a la *Cupleidae* y *Engraulidae*. Fueron los representantes típicos del sistema estudiado *Dormitator maculatus*, *Anchoa mitchilli* y *Dorosoma sp.*

La ictiofauna que habita las partes altas necesita el área media-baja del río para reproducirse, misma que se utiliza para vertir las descargas de los desechos de las industrias petroquímicas. Ante la contaminación de estas aguas, es muy probable que en un futuro próximo disminuya drásticamente el reclutamiento y con ello la población adulta. Por lo tanto, es indispensable mantener en condiciones óptimas dichas zonas del río y evitar los vertidos, por lo menos en épocas de reproducción masiva.

### *Litoral*

Los primeros resultados de nuestras investigaciones en el litoral sobre la microfauna, nos revelaron los siguientes hechos:

1. Las mayores densidades de huevos se encontraron en aguas neríticas costeras a temperaturas superficiales que van desde los 26.2°C a 28.9°C y salinidades de 27.1 a 37 oloo, respectivamente.
2. Se lograron determinar 58 familias, 91 géneros y 58 especies de peces, incluidas en 18 órdenes. Las familias dominantes registradas en el arrastre horizontal por su abundancia fueron: *Engraulidae*, *Gobüdae*, *Carangidae*, *Clupeidae*, *Labridae*, *Bothidae* y *Bregmacerotidae*, y en el vertical: *Gobüdae*, *Engraulidae*, *Bregmacerotidae*, *Bothidae*, *Synodontidae*, *Myctophidae*, *Sciaenidae* y *Cynoglossidae*; en ambos arrastres fueron comunes cinco familias (tabla 7).
3. En los arrastres horizontales en aguas neríticas-costeras se registró la mayor abundancia de huevos y larvas de peces, así como una baja diversidad. En los arrastres verticales se registró una mayor diversidad con una menor abundancia, y corresponde a aguas profundas, cercanas al talud continental.
4. La época de mayor concentración larval se registró durante la primavera y la menor durante el invierno. El periodo de mayor intensidad reproductiva se registró también durante la primavera, con una abundancia numérica neta de 28,474 huevos para toda la zona de estudio; y la de menor actividad corresponde al invierno y al verano, con 1,569 y 1,244 huevos respectivamente.
5. Las áreas de mayor registro de desoves correspondieron a las situadas entre las estaciones localizadas frente al sistema lagunar El Carmen-La Machona, y en el área comprendida desde punta Zapotitlán hasta la influida por los aportes fluviales de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.
6. En los arrastres verticales la distribución estacional registró las concentraciones máximas de larvas cerca de la costa durante la primavera; y en aguas más profundas, cercanas al talud continental, durante el otoño. Este fenómeno se explica por la composición específica de las poblaciones y el desplazamiento motivado por las masas de agua en movimiento.
7. El presente estudio constituye el primer esfuerzo para evaluar las poblaciones de camarones peneidos en el sur del Golfo de México, con la finalidad de conocer las

diferentes épocas y áreas de desove para que sean protegidas de la sobrepesca.

## La macrofauna

### Río Tonalá

a) *Composición de especies.* En el sistema se determinó un total de 50 especies de peces y 10 invertebrados (8 crustáceos y 2 moluscos), que corresponden a 32 familias. Las mejor representadas fueron *Carangidae* y *Cichlidae* (5 especies), *Sciaenidae* y *Gobiidae* (4 especies) véase tabla IV. En número, las especies más abundantes resultaron ser: *Arius melanopus*, *Callinectes similis*, *Callinectes rathbunae*, *Diapterus rhombeus*, las cuales hacen un total de 80.8% del número de la fauna capturada y 74.38% de la biomasa total.

b) *Clasificación ecológica.* Al realizar la clasificación ecológica de la macrofauna, se encontró que el 5.1 % corresponde a especies estenoahalinas del componente Dulceacuícola, 8.5% a especies eurihalinas del componente Dulceacuícola, 17.2% de habitantes temporales del estuario, el 8.6% de habitantes permanentes del componente estuarino, el 46.6% de especies eurihalinas del componente marino y el 17.2% de especies estenohalinas del componente marino (tabla 3, vol. 7 de esta serie).

c) *Abundancia relativa.* El número de ejemplares capturados fue de 2,582, que corresponde a 129,853.65 gr de biomasa. La abundancia tanto en número como en biomasa fue muy desigual, pues a sólo 3 especies corresponde el 75.40% en número y el 73.51 % en biomasa, y las restantes (635 organismos, 34,387.35 gr de biomasa) sólo constituyen el 24.59% y 26.48% en número y biomasa del total (tablas 4 y 5, vol. 7 de esta serie). Los 706 invertebrados son el 27.34% de los organismos y el 22.44% de la biomasa; de ellos 2 especies (594 ejemplares) son el 21.26% y el 19.07% del total en número y biomasa, respectivamente. En cambio, los peces (1876) registran el 72.66% y el 77.56% de la muestra global en número y biomasa, respectivamente, con 4 especies de más de 100 ejemplares.

d) *Variación estacional.* En el análisis de la variación estacional del número de especies y de la abundancia y la biomasa

sa capturadas durante el ciclo anual de muestreo, se observó que el mayor número de especies (27) fue capturado durante junio. En cuanto a la abundancia numérica y la biomasa se detectó un comportamiento muy similar de ambas variables a través del ciclo anual; corresponden los valores más altos al mes de agosto, época que coincide con la etapa de reproducción masiva de *Callinectes rathbunae* y *Callinectes sim/lis*.

e) *Número de especies*. El patrón de distribución del número de especies que se observa en el cauce principal del río Tonalá se caracteriza por un bajo número de especies en las estaciones de la parte alta y media de la zona de estudio; aumenta paulatinamente el número conforme las estaciones se localizan más cerca de la barra. En el área de Cinco Presidentes, se advierte cierto patrón estacional, que muestra un mayor número de especies durante la época de primavera-verano; hay descenso conforme avanza la época de lluvia, y el estuario tiende a volverse limnético, de manera que restringe en gran parte la entrada de especies de origen marino. De los análisis efectuados debemos destacar los hechos siguientes:

1. La macrofauna del sistema contiene un número reducido de especies (50 peces, 10 invertebrados), entre las que predomina la especie *Arius melanopus*.
2. Los resultados de la aplicación de índices simples y de modelos de abundancia empleados en este estudio muestran semejanza con los obtenidos en sistemas fuertemente modificados por actividades antropogénicas.
3. Los índices de diversidad y sus componentes se caracterizan por valores menores a los reportados para áreas no perturbadas.
4. Las correlaciones entre la temperatura, la salinidad y el oxígeno de fondo con los índices de diversidad resultan significativas únicamente para las dos primeras.
5. El análisis de crecimiento de *Arius melanopus* muestra un adecuado potencial para su explotación como recurso pesquero regional.
6. La ictiofauna que habita las partes altas del río, la cual utiliza el área media-baja para reproducirse, misma

sobre la que se vierten las descargas de los desechos de las industrias petroquímicas. Por lo tanto, es necesario protegerla.

### Río Coatzacoalcos

Se clasificó un total de 46 especies de peces y 13 invertebrados (9 crustáceos y 4 moluscos) en el sistema; corresponde a 30 familias. Las familias mejor representadas fueron Cichlidae, con 6 especies nativas y 1 especie introducida; Gobüdae, con 5 especies; Sciaenidae, con 4 especies (tabla 2). En número las especies más abundantes fueron: *Arius melanopus*, *Callinectes similis*, *Callinectes rathbunae*, *Acteocina meridionalis*, *Diapterus rhombeus*, las cuales hacen un total de 84.7% del número de la fauna capturada y el 79.4% de la biomasa total (tabla V).

a) Clasificación ecológica. Al realizar la clasificación ecológica de la macrofauna, se encontró que el 8.5% corresponde a especies estenohalinas del componente dulceacuícola, el 13.6% de habitantes eurihalinos del componente dulceacuícola, el 15.4% de habitantes temporales del estuario, el 15.3% de habitantes permanentes del componente estuarino y el 39% de especies eurihalinas del componente marino y el 8.5% de especies estenohalinas del componente marino (tabla 31). El análisis de la abundancia y la biomasa de la macrofauna -agrupadas en componentes ecológicos- reporta en una y otra una fuerte reducción del componente marino y temporal de éste; así como el predominio del componente permaliente del estuario; el componente dulceacuícola muestra un bajo número de organismos, con una alta biomasa.

b) Abundancia relativa. El número de ejemplares capturados fue de 4,275, correspondientes a 164,641 gr de biomasa. La abundancia tanto en número como en biomasa fue muy desigual, pues a sólo 5 de ellos les corresponden el 84.7% en número y el 79.4% en biomasa, y los restantes (655 organismos, 33,979 gr de biomasa) sólo constituyen el 15.3% del total (tablas 5 y 6). Los 835 invertebrados representaron el 19.5% del total de organismos y el 14.3% de la biomasa, de los cuales 2 especies (562 ejemplares) representan el 13.1% y 12.3% del total, en número y biomasa, respectivamente. En cambio, los peces (3,440)

representan el 80.5% y el 85.7% de la muestra global, en número y biomasa, respectivamente, con 3 especies de más de 100 ejemplares.

c) *Variación estacional de la macro fauna.* En el análisis de la variación estacional del número de especies, de la abundancia y la biomasa durante el ciclo anual de muestreo, se observó que el mayor número de especies (29) se capturó durante mayo de 1983. En cuanto a la abundancia numérica y la biomasa de la macrofauna, se observó un comportamiento muy similar de ambas variables a través del ciclo anual en el área de estudio; los valores más altos correspondieron a mayo de 1983-1984, épocas en que el estuario presentó una fuerte influencia marina.

d) *Número de especies.* El patrón de distribución de su número en el área de estudio se dividió para su examen en tres zonas: la correspondiente al río Calzadas (estaciones 17, 18 y 19); el estuario del río Coatzacoalcos (estaciones 1 a 8), el cual ha sufrido por varias décadas el impacto de las actividades industriales; y la parte alta de la zona de estudio (estaciones 9 a 16), área que no ha sufrido una modificación antropogénica muy fuerte. El patrón observado en el área del río Calzadas muestra un mayor número de especies durante los meses de acentuado dominio marino; disminuye el volumen conforme avanza la época de lluvia, y aumenta cuando el sistema tiende a regenerar la influencia marina.

El área de las estaciones 1 a 8 presenta un patrón estacional con un gran número de especies en la parte baja del estuario, pero únicamente de mayo a julio; no se observa ningún otro patrón definido durante los meses restantes. La parte alta del área de estudio (estaciones 9 a 16) se caracteriza por un bajo número de especies, con una distribución más o menos uniforme a lo largo del año. En resumen:

1. Un bajo número de especies: 46 peces y 13 invertebrados (9 crustáceos y 4 moluscos) caracteriza a la macrofauna del sistema; predomina la especie *Arius melanopus*.
2. A lo largo del ciclo anual, la abundancia y la biomasa de la macrofauna en el río Coatzacoalcos se rigen por las condiciones hidrodinámicas del sistema.
3. Se determina la presencia de la especie *Sarotherodon* ssp., y se desconoce el efecto de su introducción sobre las poblaciones nativas. No resulta satisfactorio el ajuste

de los datos de la macrofauna del río Coatzacoalcos a los modelos de abundancia relativa aplicados.

4. Los índices de diversidad y sus componentes se caracterizan por valores y comportamiento semejantes a los reportados en áreas altamente modificadas por actividades antropogénicas.

### *Laguna del Ostión*

a) *Composición de especies.* Un total de 36 especies de peces y 9 invertebrados se registró en el sistema (tabla 6); pertenecen a 26 familias, y predominan las siguientes *Gerreidae*, *Gobiidae* (4 especies); *Lutjanidae*, *Portunidae* (3 especies). Las especies cuantitativamente mayores fueron: *Diapterus rhombeus*, *Eucinostomus melanopterus*, *Caiinectes similis*, las cuales suman un 74.8% de los organismos capturados.

b) *Clasificación ecológica.* Al hacer la clasificación ecológica de la fauna capturada, se observó que el 20% comprende habitantes temporales del estuario; el 15.5%, habitantes permanentes del componente estuarino; el 46.7%, especies eurihalinas del componente marino; y el 17.8%, especies estenohalinas del componente marino. Los resultados nos muestran el importante papel de este sistema lagunar como área de protección, alimentación y crecimiento (Tabla VI).

c) *Abundancia relativa.* El número total de ejemplares capturados fue de 2,632. La abundancia de las especies fue muy desigual, pues apenas 4 de ellas representan el 74.9%, y las 41 restantes (661 organismos) constituyen el 25.1%.

Los 350 invertebrados suman el 13.3% del total de organismos. En cambio, los peces representan el 86.7% de la muestra: tienen 3 especies con más de 100 ejemplares.

d) *Variación estacional de la macrofauna.* El análisis de la variación estacional del número y la abundancia de especies de especies durante el ciclo anual de muestreo, reportó que el mayor número se capturó durante la campaña de septiembre, con un total de 26 especies. En la abundancia de organismos, la mayor captura fue durante junio, época en que se manifestó el predominio de *Diapterus rhombeus* en el sistema lagunar. Los análisis efectuados sobre la estructura

versidad, nos llevan a concluir que la clasificación ecológica de la fauna acuática seleccionada demostró la gran importancia de la laguna como área de protección, alimento y crecimiento. Basta mencionar que del total de las especies capturadas, el 65% corresponde a peces marinos; el 20% son habitantes temporales del estuario y sólo el 15% restante son residentes permanentes. Por sí mismos, estos resultados bastarían para demostrar el valor ecológico vital de la laguna del Ostión (figura 3).

### *Litoral*

Los primeros resultados de nuestras investigaciones en el litoral, muestran los siguientes hechos relevantes:

1. La macrofauna que habitan en la plataforma continental bajo influencia de los ríos Tonalá y Coatzacoalcos tiene una composición altamente heterogénea, con una baja abundancia. Lo que es una característica general de las áreas tropicales.
2. Se reconocieron dos zonas de *alta captura*, las cuales podrían dar origen a fuentes de trabajo y alimento, a) la zona noroeste (Punta Zapotitlán), sumamente importante por su abundancia. Es rica en camarón y además está subexplotada. Junto con esta pesca, se recomienda estructurar esquemas de explotación para la pesca de arrecife, la cual está representada por una cantidad y diversidad de especies potencialmente útiles e importantes para las actividades relacionadas con el aprovechamiento de estos recursos. b) El área noreste, la cual se puede considerar como una continuación de la plataforma continental de Tabasco. Por lo tanto, se sugiere que la flota camaronera y escamera de ese estado amplíe su área de operación hacia el área de la desembocadura del río Tonalá, en la que se encuentra principalmente una fauna demersal de tamaño medio y camarón café. La época de mayor captura es el verano.
3. Las capturas de la macrofauna se encuentran representadas por 69 especies de peces, de los cuales el más abundante es el Chivato *Upeneus parvus*, el Lenguado *Syacium papillosum* y el Charrito *Trachurus lathami*. Se capturan 37 invertebrados, los cuales corresponden a 23 crustáceos; la jaiba *Portunus spinicarpus* es la más

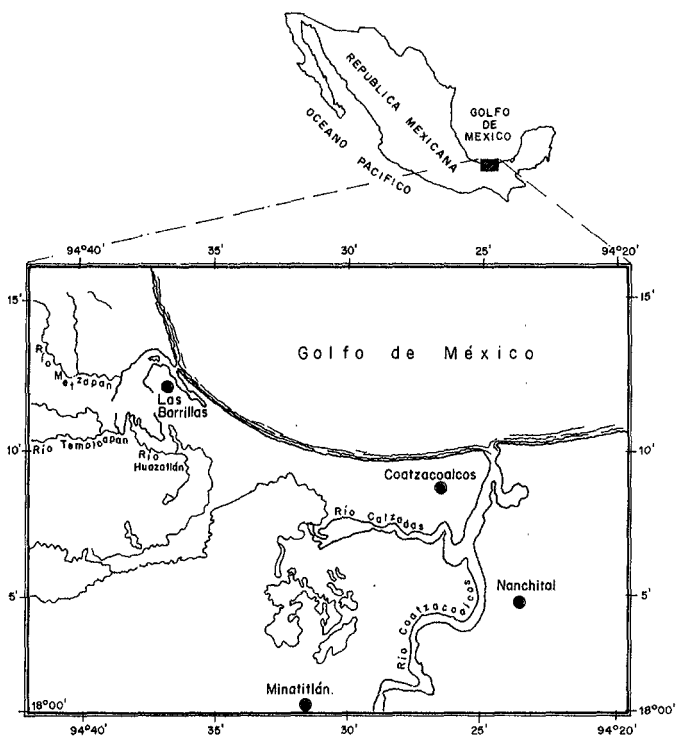


FIG. 3. LAGUNA DEL OSTION; LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

abundante, seguida del camarón café *P. (F) aztecus*. Se clasificaron nueve moluscos, entre los cuales predominaron la almeja *Argopécten gibbus* de lo cual inferimos la presencia de grandes bancos frente al sistema lagunar El Carmen-La Machona; así también el calamar *Loligo pea/eli*. De los cinco equinodermos, la estrella *Luidia clathrata* es la más abundante.

4. La relación camarón-fauna acompañante fue de 1 :19.84 en promedio. Debemos señalar que la relación en la composición de la fauna asociada al camarón café reportada para el área difiere acentuadamente de la reportada tanto para el noreste del Golfo de México como para la Sonda de Campeche.
5. Se observa una captura de camarón café en el área de Punta Zapotitián con abundancias mayores a los 3000 gr/hora para el otoño e invierno, con preferencia a profundidades de 20-69 metros y sedimentos limo-arenosos.
6. Un incremento de la riqueza de crustáceos se comienza a manifestar a profundidades mayores a los 50 metros, asimismo se infiere la existencia de poblaciones importantes de camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) en profundidades cercanas a la costa. Ambas observaciones constituyen tópicos importantes que deben ser explorados en investigaciones futuras.
7. Por otro lado, la aplicación de los modelos de abundancia y de análisis de sistemas constituyen hoy día una herramienta ecológica fundamental para la evaluación de los cambios transitorios en las comunidades ocasionados por el derrame de hidrocarburos en el área. Siempre y cuando se tenga como base programas a largo plazo para evaluar, pronosticar y controlar el impacto sobre las comunidades de estos ambientes.
8. Finalmente, con base en la riqueza ecológica de las diversas comunidades estudiadas en la zona nerítica, podemos inferir que los recursos naturales de esta área aún no han sido seriamente impactados por los residuos de la industria petroquímica. Sin embargo, urge realizar esfuerzos para impedir modificaciones de las comunidades biológicas por derrames de petróleo crudo o de lastres de los buque-tanques que realizan sus operaciones costafuera.

## **Consideraciones principales**

### ***1.a microfauna***

#### *Río Tonalá*

1. Del análisis de fitoplancton, zooplancton e ictioplancton se puede observar que los valores obtenidos resultaron escasos, para un sistema que, en mejores condiciones de salud, debería mostrar un alto potencial de recursos.
2. Asimismo, del análisis de larvas se puede considerar que los valores también son muy pobres, debido presumiblemente a la influencia de las actividades humanas.

#### *Río Coatzacoalcos*

- 1 Por lo que se refiere a la comunidad fitoplanctónica, probablemente el aspecto más relevante de los análisis efectuados se refiera a la alta densidad encontrada en el río Calzadas, lo que revela un agudo proceso de eutroficación. La causa, sin duda, se encuentra en las descargas masivas de las plantas industriales establecidas en el área.
2. La biomasa zooplanctónica se vio influenciada por factores meteorológicos y por los problemas de contaminación señalados.
3. Por lo que se refiere al ictioplancton, la máxima abundancia se produjo en el periodo de mayor influencia marina, lo que confirma la importancia ecológica vital del área.

#### *Litoral*

- 1 Las áreas de mayor registro de desoves correspondieron a las situadas en las estaciones localizadas entre el sistema lagunar de Tabasco, y en el área comprendida desde punta Zapotitlán hasta la influida por los aportes fluviales de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.
2. El presente estudio es el primer esfuerzo para evaluar las importantísimas poblaciones de camarones peneidos en el sur del Golfo de México, con la finalidad de conocer las diferentes épocas y áreas de desove para que sean protegidas de la sobrepesca.

## La macrofauna

### *Río Tonalá*

- 1 Un bajo número de especies caracteriza a la macrofauna del sistema: 50 peces y 10 invertebrados.
2. Los resultados de los análisis de la abundancia, la diversidad y sus componentes, muestran semejanza con los obtenidos en sistemas seriamente afectados por desechos de la industria petrolera, como el río Coatzacoalcos.
3. Existe un amplio dominio de una sola especie *Arius melanopus*, que muestra un buen potencial como recurso pesquero.

### *Río Coatzacoalcos*

- 1 La macrofauna tiene un bajo número de especies: 46 peces y 13 invertebrados.
2. Los índices de diversidad y sus componentes se caracterizan por valores y comportamientos semejantes a los reportados en áreas altamente modificadas por actividades antropogénicas.

### *Laguna del Ostión*

- 1 Los resultados mostraron la gran importancia ecológica de la laguna como área de protección, alimento y crecimiento.
2. Por su importancia ecológica, y porque constituye un recurso de importancia vital para la población del área, es preciso destinar recursos para su protección y adecuado manejo.

### *Litoral*

- 1 Con base en la riqueza ecológica de las diversas comunidades estudiadas en la zona, podemos inferir que esta área aún no ha sido seriamente impactada en sus recursos pesqueros por los residuos industriales.
2. Urge, sin embargo, realizar un esfuerzo para impedir las modificaciones de las comunidades biológicas por derrames de petróleo crudo de los tres buque-tanques que reali-

zan sus operaciones costafuera, y establecer sistemas anticontaminantes eficaces en el sector industrial del bajo río Coatzacoalcos.

## *Una necesidad apremiante: proteger los recursos pesqueros locales*

Para la población rural del Tercer Mundo, los peces de aguas interiores constituyen una importante fuente de proteínas de origen animal, de vitaminas y minerales. En nuestros días, algunas de estas especies sufren las consecuencias de la sobreexplotación; otras se encuentran seriamente amenazadas por la alteración de su habitat y por los efectos de las descargas masivas de sustancias tóxicas al ambiente. ¿Cuál es el futuro de estos recursos? ¿Qué perspectivas existen para incorporarlos a programas de acuicultura, con vistas a protegerlos de la destrucción, y asegurar los alimentos que la creciente población mundial requiere con urgencia?

Las respuestas a estas interrogantes ofrecen un arduo campo de trabajo para científicos, planificadores y para quienes viven de estos recursos. En primer lugar, porque los métodos tradicionalmente empleados para evaluar los cambios en las dinámicas de las poblaciones de peces son, a menudo, extremadamente lentos; requieren por lo general de varios años para conocer las causas y la magnitud de las alteraciones en los recursos; en segundo lugar, porque también las técnicas para valorar los impactos directos de las múltiples sustancias tóxicas que se emiten en la actualidad al ambiente no pueden captar la multidimensionalidad de las situaciones que se presentan a lo largo de la vida de las especies y la complejidad que ofrecen medios tan altamente dinámicos como son los costeros. Finalmente, resulta también en extremo difícil ponderar de un modo adecuado el peso de la sobreexplotación ocasionada por la población al usar técnicas inadecuadas o ante la necesidad de subsistir.

Todo lo cual plantea complejos problemas que deben abordarse desde ópticas diferentes a las que nos han guiado hasta ahora para valorar los recursos pesqueros. A su importancia comercial, habrá que agregar su valor como alimento de las poblaciones locales. Es desde esta perspectiva que se han analizado algunas especies en la región del río Coatzacoalcos. De este análisis se ofrecen aquí los resultados más relevantes de los análisis contenidos en el volumen 1 1 de esta serie.

### **El cangrejo de tierra: *Gecarcinus laterales***

Presenta un potencial biológico de crecimiento y una adaptación al medio terrestre que hace pensar en un posible recurso a explotar comercialmente.

### **La almeja bola: *Mercenaria campechiensis***

Constituye un recurso pesquero regional, que muestra una buena calidad como alimento. Sin embargo, su lento crecimiento impide sugerir a corto plazo el desarrollo de alguna infraestructura para su explotación a escala comercial en los sistemas costeros de la región.

### **Cangrejo azul: *Cardisoma guanhumí***

La tala de extensas áreas de manglar en los alrededores del sistema Lagunar del Ostión; la intensa captura durante la migración, así como el consumo del organismo completo, han terminado por ocasionar en el área una acentuada disminución de las poblaciones del cangrejo azul. Todo ello plantea la urgente necesidad de realizar una extensa campaña de conservación del recurso, en estrecha colaboración con los pobladores dedicados a las actividades de captura. Tal campaña debe controlar ésta y convencer a la población de que únicamente se tomen las tenazas o manitas de los organismos y así aprovechar su capacidad de regeneración. Dicho manejo permitiría a estos cangrejos llegar a las playas a realizar sus funciones de reproducción. Por otra parte, resulta necesario organizar a los ejidatarios de los alrededores de la laguna, para establecer un programa para la explotación controlada del cangrejo azul.

### **El bobo: *Joturus pichardoi***

Por primera vez se reportó la presencia de *Joturus pichardoi* en el río Coatzacoalcos y se estudió las condiciones ecológicas y la estructura poblacional de una especie catadrómica. De estas investigaciones podemos concluir que el circuito de migración del "Bobo" posiblemente esté regulado por un factor ambiental; la especie presenta un elevado potencial reproductivo y muestra un marcado dimorfismo sexual. Para

su conservación en el sureste de Veracruz son indispensables las siguientes medidas: 1) establecer la estadística pesquera del río Coatzacoalcos; 2) fijar una veda eficaz y 3) combatir la corrupción que existe entre los inspectores de pesca, que ahora permiten su captura en épocas de veda.

### **El bagre: *Arius me/anopus***

La información colectada sobre esta especie permite vislumbrar que se puede lograr su utilización como sustituto de otras que son comercialmente aceptables; pero debido a los factores del mercado resulta una especie de escaso valor para los pescadores; y al no formar parte de la dieta de la población, su aprovechamiento es nulo,

Si bien no se han planteado alternativas para su explotación, es posible lograr que se difunda su consumo con esfuerzo y dedicación. También es factible utilizarlo como materia prima en la fabricación de harina; y ésta a su vez, ser insumo en la elaboración de productos alimenticios balanceados, que podrían destinarse a la engorda de animales para consumo humano.

### **El acocil: *Procambarus (Austrocambarus) llamas***

Es necesario continuar con los estudios de su biología, ecología y distribución geográfica, así como de las 1 2 especies y subespecies reportadas para Veracruz, a fin de obtener información para entender algunos aspectos sobre su ciclo de vida, madurez, edad y crecimiento; esto se lograría por medio de monitoreos en zonas naturales y perturbadas y con estudios de mercado. Además, hay que estudiar el papel tráfico que guardan estas especies en los sistemas acuáticos del trópico húmedo, a fin de conocer la gran variedad de niveles y la posición clave que guardan en el flujo de nutrientes a través de la comunidad biótica. Convendría, de igual modo, usar las especies que se localizan en el trópico húmedo y pensar en su incorporación a la acuicultura con fines de alimento para humanos o peces.

## Camarones y jaibas de importancia alimenticia comercial

Los trabajos efectuados en el litoral permitieron identificar el camarón café *Penaeus* (F) *aztecus*, y la jaiba *Portunus spinicarpus* como las especies dominantes de la zona de la plataforma. De modo principal en la región de Punta Zapotitlán. Se trata de un recurso que puede ser aprovechado por los pescadores de la zona.

Para determinar con mayor exactitud la dinámica de las poblaciones susceptibles de explotarse comercialmente, es necesario realizar nuevas colectas en la zona ya estudiada, ampliando el número de estaciones y el intervalo batimétrico.

También es recomendable el análisis de las poblaciones de los portúnidos (jaibas) y de los gecarcínidos (cangrejos semi-terrestres) de la laguna del Ostión y de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, con el propósito de conocer sus dinámicas y establecer la infraestructura y los conocimientos necesarios para el aprovechamiento prudente de estos recursos.

### El langostino: *Macrobrachium acanthurus*

Los trabajos realizados se enfocaron a la evaluación cuantitativa de una sola especie de langostino, el *Macrobrachium acanthurus*, y a determinar sus posibilidades de semicultivo. Se concluyó que la población de langostinos se encuentra en peligro de extinción en esta región del Golfo de México; y, lo que es más grave: los organismos presentes son portadores de sustancias nocivas para la salud pública.

Lo anterior lleva a plantear la urgencia de tomar medidas para mejorar la calidad del agua en la región. Efectuar en las condiciones actuales un semicultivo de langostino constituye una inversión de alto riesgo, con bajísimas probabilidades de éxito. Todo lo anterior remite a un problema de fondo: resulta inútil iniciar cualquier proyecto de acuicultura y de otras clases de aprovechamientos de los recursos naturales de la zona del bajo río Coatzacoalcos, sin resolver antes los graves desajustes que aquejan a su salud ambiental.

TABLA II

VARIACION ESTACIONAL DE LA COMPOSICION FITOPLANCTONICA  
DEL RIO TONALA  
(Periodo 1983-1984)

	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	ENE
<b>CYANOPHYTA</b>										
<i>Anabaena</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Anacystis</i>					X					
<i>Aphanocapsa</i>						X	X			
<i>Aphanothece</i>					X					
<i>Chroococcus</i>	X							X	X	
<i>Dactylococcopsis</i>	X				X	X	X			
<i>Gomphosphaeria</i>						X				
<i>Lyngbya</i>	X									
<i>Merismopedia</i>	X	X		X	X					
<i>Microcystis</i>	X									
<i>Oscillatoria</i>	X			X	X	X	X	X	X	X
<i>Phormidium</i>							X			
<i>Spirulina</i>				X	X	X	X	X	X	X
<b>EUGLENOPHYTA</b>										
<i>Euglena</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phacus</i>	X	X	X	X		X	X	X	X	
<i>Trachelomonas</i>	X	X	X		X		X	X	X	X
<b>CHLOROPHYTA</b>										
<i>Kirchneriella</i>						X				
<i>Actinastrum</i>	X	X		X	X		X			
<i>Ankistrodesmus</i>		X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Asterococcus</i>						X				
<i>Characium</i>	X			X	X	X	X			
<i>Chlamydomonas</i>	X	X								
<i>Chlorococcum</i>						X				
<i>Cladophora</i>			X							
<i>Chlorosarcina</i>								X		
<i>Glosteriopsis</i>				X		X	X	X		
<i>Glosterium</i>			X		X		X	X	X	X
<i>Cosmarium</i>					X			X	X	X
<i>Crusigenia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dictyosphaerium</i>								X		
<i>Eurastrum</i>								X		
<i>Mallomohas</i>								X		
<i>Oocystis</i>		X				X				
<i>Pediastrum</i>	X		X	X	X			X	X	
<i>Penium</i>					X					
<i>Phytoconis</i>	X				X	X	X	X	X	X
<i>Protococcus</i>				X						
<i>Quadrigula</i>				X	X					

	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	ENE
<i>Scenedesmus</i>	X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Schroederiella</i>				X			X	X		
<i>Selenastrum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Sphaerocystis</i>							X	X		
<i>Spirogyra</i>					X		X			
<i>Staurastrum</i>							X			
<i>Tetraedron</i>	X	X				X		X	X	
<i>Ulothrix</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

#### PIRRHOPHYTA

<i>Ceratium</i>		X	X	X	X		X	X	X	
<i>Glenodinium</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gymnodinium</i>					X	X	X			
<i>Peridinium</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X

#### CHRYSOPHYTA

##### BACILLAROPHYCEAE CENTRALES

<i>Actynocilus</i>		X								
<i>Aulacodiscus</i>							X	X		
<i>Bacteriastrum</i>		X	X	X						
<i>Biddulphia</i>		X	X	X				X		
<i>Chaetoceros</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Cyclotella</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hemiaulus</i>							X			
<i>Leptocylindricus</i>		X								
<i>Melosira</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudoaulacodiscus</i>	X									
<i>Skeletonema</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

##### BACILLAROPHYCEAE PENNALES

<i>Achnanthes</i>			X							
<i>Amphora</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Amphiprora</i>		X	X	X	X		X			
<i>Anomoeoneis</i>							X			
<i>Asterionella</i>		X					X	X	X	X
<i>Bacillaria</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Brebissonia</i>			X							
<i>Caloneis</i>								X	X	
<i>Centronella</i>				X						
<i>Ceratoneis</i>								X		
<i>Cerataulus</i>				X						
<i>Cocconeis</i>			X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cymbella</i>							X	X	X	
<i>Denticula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Diatoma</i>					X			X	X	
<i>Diploneis</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	
<i>Ditylum</i>	X			X		X	X	X		
<i>Eunotia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	ENE
<i>Fragilaria</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gomphoneis</i>								X		
<i>Gomphonema</i>				X		X				
<i>Grammathophora</i>							X	X		
<i>Gyrosigma</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hantzschia</i>						X				
<i>Mastogloia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Meridion</i>							X			
<i>Navicula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oestruphia</i>								X		
<i>Pinnularia</i>			X			X	X	X	X	
<i>Plagiogramma</i>	X			X	X					
<i>Plagiotropis</i>		X								
<i>Pleurosigma</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Rhizosolenia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Semiorbis</i>		X								
<i>Surirella</i>				X				X	X	
<i>Synedra</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Tabellaria</i>			X							
<i>Thalassionema</i>	X	X	X					X	X	
<i>Thalassiosira</i>		X	X	X	X			X		
<i>Thalassiotrix</i>	X	X	X							
<b>XANTOPHYCEAE</b>										
<i>Centritractus</i>	X	X	X		X					
<i>Dynobryon</i>							X	X	X	X
<i>Gloeobotrys</i>				X						

TABLA III  
COMPOSICION FLORISTICA DEL FITOPLANCTON  
EN EL RIO COATZACOALCOS

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	ENE	MAR	ABR	MAY
<b>CYANOPHYTA</b>											
<i>Anabaena</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aphanocapsa</i>					x						
<i>Aphamizomenon</i>			x	x	x						
<i>Merismopedia</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Oscillatoria</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Spirulina</i>			x	x	x		x	x	x		
<b>PYRRHOPHYTA</b>											
<i>Ceratium</i>	x	x		x	x		x	x			
<i>Glenodinium</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Gymnodinium</i>								x	x	x	
<i>Peridinium</i>	x	x		x				x	x	x	
<b>CHLOROPHYTA</b>											
<i>Actinastrum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Ankistrodesmus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Coelastrum</i>				x	x			x			
<i>Cosmarium</i>	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Closterium</i>	x			x	x	x					
<i>Crucigenia</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Characium</i>	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Chlamydomonas</i>				x							
<i>Desmidium</i>						x					
<i>Euastrum</i>					x			x			
<i>Oocystis</i>					x			x			
<i>Pediastrum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Phytoconis</i>				x		x	x	x	x	x	x
<i>Quadrigula</i>			x								
<i>Scenedesmus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Selenastrum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Sphaerocystis</i>					x						
<i>Spirogyra</i>					x						
<i>Staurastrum</i>					x		x				
<i>Tetrastrum</i>								x			
<i>Tetraedron</i>		x		x	x	x	x	x	x	x	
<i>Volvox</i>								x	x		
<i>Ulothrix</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

MAY JUN JUL AGO SEPT OCT NOV ENE MAR ABR MAY

CHRYSOPHYTA

BACILLARIOPHYCAE

CENTRALES

<i>Bacteriastrum</i>								X			
<i>Biddulphia</i>	X						X	X			
<i>Cyclotella</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i>	X	X	X			X	X	X			
<i>Dytilum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Leptocylindrus</i>		X									
<i>Melosira</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia</i>	X	X	X	X	X			X			
<i>Skeletonema</i>	X	X	X			X	X	X	X	X	X
<i>Terpsinoe</i>	X		X	X	X	X		X			

PENNALES

<i>Achnanthes</i>	X				X		X				
<i>Amphora</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Amphiprora</i>		X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Bacillaria</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Centronella</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Ceratoneis</i>	X										
<i>Cymbella</i>					X	X	X	X	X	X	X
<i>Cymatopleura</i>	X										
<i>Cocconeis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Denticula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Diploneis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Eunotia</i>	X			X		X	X	X	X	X	X
<i>Epithemia</i>					X						
<i>Fragilaria</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gyrosigma</i>	X		X	X	X	X	X	X	X		
<i>Gomphonema</i>							X				
<i>Mastogloia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Navicula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pinnularia</i>	X		X		X	X	X	X			
<i>Pleurosigma</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhopalodia</i>	X	X			X						
<i>Synedra</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Surirella</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tabellaria</i>	X				X		X				
<i>Thalassionema</i>		X	X			X	X	X	X		

XANTOPHYCEAE

<i>Dinobryon</i>	X										
<i>Gloeocystis</i>					X	X	X	X			
<i>Ophiocytium</i>								X			

EUGLENOPHYTA

<i>Euglena</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phacus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Trachelomonas</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X

TABLA IV

**RIO TONALA: ARREGLO TAXONOMICO DE LAS ESPECIES  
(NUMERO DE INDIVIDUOS Y BIOMASA DE LA CAPTURA)**

TAXON/ESPECIES	NUMERO DE ORGANISMOS	BIOMASA (gr)
<b>CRUSTACEOS</b>		
ORDEN DECAPODA		
FAMILIA PENAEIDAE		
<i>Penaeus setiferus</i> (Linnaeus)	22	267.3
<i>Penaeus aztecus</i> (Ives)	2	4.3
FAMILIA PALAEMONIDAE		
<i>Macrobrachium acanthurus</i> (Wiegman)	11	67.1
FAMILIA PORTUNIDAE		
<i>Callinectes similis</i> (Williams)	367	11351.0
<i>Callinectes rathbunae</i> (Contreras)	227	13405.8
<i>Callinectes sapidus</i> (Rathbun)	46	2825.2
FAMILIA MAJIDAE		
<i>Libinia emarginata</i> (Leach)	5	57.1
FAMILIA GECARCINIDAE		
<i>Cardisoma guanhumí</i> (Latreille)	3	524.8
<b>MOLUSCOS</b>		
ORDEN PTEROIDEA		
FAMILIA OSTREIDAE		
<i>Crassostrea virginica</i> (Gmelin)	18	353.2
ORDEN TENTHOIDEA		
FAMILIA LOLINGIDAE		
<i>Lolliguncula brevis</i> (Blainville)	5	283.2
<b>PECES</b>		
ORDEN LEPISOSTEIFORMES		
FAMILIA LEPISOSTEIDAE		
<i>Lepisosteus tropicus</i> (Gill)	2	3300.0

ORDEN CLUPEIFORMES

FAMILIA CLUPEIDAE

<i>Dorosoma petenense</i> (Günther)	4	166.8
<i>Dorosoma anale</i> (Meek)	33	2444.7
<i>Brevoortia patronus</i> (Goode)	1	45.1

ORDEN CYPRINIFORMES

FAMILIA CHARACINIDAE

<i>Brycon guatemalensis</i> (Reagan)	2	540.3
--------------------------------------	---	-------

ORDEN SILURIFORMES

FAMILIA ICTALURIDAE

<i>Ictalurus meridionalis</i> (Günther)	1	207.5
---	---	-------

FAMILIA ARIIDAE

<i>Bagre marinus</i> (Mitchill)	11	797.2
<i>Arius felis</i> (Linnaeus)	16	2842.4
<i>Arius melanopus</i> (Günther)	1353	70709.5

ORDEN BATRACHOIDIFORMES

FAMILIA BATRACHOIDIDAE

<i>Opsanus beta</i> (Goode y Bean)	1	63.0
<i>Porichthys plectrodon</i> (Jordan y Gilbert)	1	135.9

ORDEN SCORPAENIFORMES

FAMILIA SCORPAENIDAE

<i>Scorpaena plumieri</i> (Bloch)	3	326.6
-----------------------------------	---	-------

FAMILIA TRIGLIDAE

<i>Prionotus tribulus</i> (Cuvier)	3	81.1
------------------------------------	---	------

ORDEN PERCIFORMES

FAMILIA CENTROPOMIDAE

<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch)	4	626.8
<i>Centropomus parallelus</i> (Poey)	13	771.4

FAMILIA CARANGIDAE

<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch y Schneider)	3	269.9
<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus)	1	88.3
<i>Selene vomer</i> (Linnaeus)	5	27.6
<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> (Cuvier)	1	2.6
<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus)	6	194.5

FAMILIA LUTJANIDAE

<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus)	6	150.8
<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus)	3	188.8

FAMILIA GERREIDAE

<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier)	141	1127.4
<i>Diapterus olisthostomus</i> (Goode y Bean)	7	122.1
<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier)	5	712.9

FAMILIA POMADASYDAE

<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus)	1	140.2
<i>Pomadasys crocro</i> (Cuvier)	3	703.4

FAMILIA SPARIDAE

<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum)	1	1470.0
--	---	--------

FAMILIA SCIAENIDAE

<i>Cynoscion arenarius</i> (Ginsburg)	1	101.2
<i>Stellifer lanceolatus</i> (Holbrook)	8	298.8
<i>Bairdiella chrysura</i> (Lacepede)	30	2264.8
<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier y Valenciennes)	24	1476.8

FAMILIA EPHIPPIDAE

<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet)	10	479.35
--	----	--------

FAMILIA CICHLIDAE

<i>Cichlasoma helleri</i> Steindachner	1	30.2
<i>Cichlasoma urophthalmus</i> (Günther)	1	175.9
<i>Cichlasoma heterospilum</i> (Hubbs)	5	1333.6
<i>Petenia splendida</i> (Günther)	1	1000.0

FAMILIA MUGILIDAE

<i>Mugil curema</i> (Valenciennes)	4	738.8
------------------------------------	---	-------

FAMILIA POLYNEMIDAE

<i>Polydactylus octonemus</i> (Girard)	2	83.0
--	---	------

FAMILIA GOBIIDAE

<i>Gobiomorus dormitor</i> (Lacepede)	1	3.6
<i>Dormitor maculatus</i> (Bloch)	6	73.1
<i>Guavina guavina</i> (Cuvier y Valenciennes)	8	1300.5
<i>Gobionellus hastatus</i> (Girard)	6	61.0

ORDEN PLEURONECTIFORMES

FAMILIA BOTHIDAE

<i>Citharichthys macrops</i> (Dresel)	1	10.3
<i>Citharichthys spilopterus</i> (Günther)	36	617.4

FAMILIA SOLEIDAE

<i>Trinectes maculatus</i> (Bloch y Schneider)	11	108.1
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus)	55	881.7

ORDEN TETRODONTIFORMES

FAMILIA BALISTIDAE

<i>Balistes capriscus</i> (Gmelin)	1	25.5
<i>Monacanthus hispidus</i> (Linnaeus)	31	986.0

FAMILIA TETRAODONTIDAE

<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus)	2	408.6
---	---	-------

TABLA V

RIO COATZACOALCOS: ARREGLO TAXONOMICO DE LAS ESPECIES  
(NUMERO DE INDIVIDUOS Y BIOMASA (gr) DE LA CAPTURA)

TAXON/ESPECIES	NUMERO DE ORGANISMOS	BIOMASA (gr)
<b>CRUSTACEOS</b>		
ORDEN STOMATOPODA		
FAMILIA SQUILLIDAE		
<i>Squilla empusa</i> (Say)	1	3.6
ORDEN DECAPODA		
FAMILIA PENAEIDAE		
<i>Penaeus setiferus</i> (Linnaeus)	85	775.9
<i>Penaeus aztecus</i> (Ives)	10	127.0
FAMILIA PALAEMONIDAE		
<i>Macrobrachium acanthurus</i> (Wiegman)	63	400.7
<i>Macrobrachium carcinus</i> (Linnaeus)	3	198.0
FAMILIA PORTUNIDAE		
<i>Callinectes similis</i> (Williams)	318	8798.1
<i>Callinectes rathbunae</i> (Contreras)	244	11387.3
<i>Callinectes sapidus</i> (Rathbun)	26	1476.9
FAMILIA GRAPSIDAE		
<i>Platychiropsus spectabilis</i> (de Man)	7	72.6
<b>MOLUSCOS</b>		
ORDEN VENEROIDEA		
FAMILIA CORBICULIDAE		
<i>Polymesoda caroliniana</i> (Bosc)	1	11.0
FAMILIA MACTRIDAE		
<i>Rangia cuneata</i> (Gray)	1	21.1
<i>Rangia (Rangianella) flexuosa</i> (Conrad)	73	332.0
ORDEN TENTHOIDEA		
FAMILIA LOLIGINIDEA		
<i>Loliguncula brevis</i> (Blainville)	3	5.3

**PECES****ORDEN LEPISOSTEIFORMES****FAMILIA LEPISOSTEIDAE**

<i>Lepisosteus tropicus</i> (Gill)	4	2553.5
------------------------------------	---	--------

**ORDEN CLUPEIFORMES****FAMILIA CLUPEIDAE**

<i>Dorosoma petenense</i> (Günther)	3	87.0
<i>Dorosoma anale</i> (Meek)	14	1436.2

**ORDEN CYPRINIFORMES****FAMILIA CHARACINIDAE**

<i>Brycon guatemalensis</i> (Reagan)	4	687.2
--------------------------------------	---	-------

**ORDEN SILURIFORMES****FAMILIA ICTALURIDAE**

<i>Ictalurus meridionalis</i> (Günther)	111	5728.5
---	-----	--------

**FAMILIA ARIIDAE**

<i>Bagre marinus</i> (Mitchill)	10	471.2
<i>Arius felis</i> (Linnaeus)	20	2442.5
<i>Arius melanopus</i> (Günther)	2844	104011.9

**FAMILIA PIMELODIDAE**

<i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther)	4	630.4
--	---	-------

**ORDEN BATRACHOIDIFORMES****FAMILIA BATRACHOIDIDAE**

<i>Opsanus beta</i> (Goode y Bean)	1	227.6
<i>Porichthys plectrodon</i> (Jordan y Gilbert)	2	82.8

**ORDEN SCORPAENIFORMES****FAMILIA TRIGLIDAE**

<i>Prionotus tribulus</i> (Cuvier)	3	42.1
------------------------------------	---	------

**ORDEN PERCIFORMES****FAMILIA CENTROPOMIDAE**

<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch)	5	11286.4
<i>Centropomus parallelus</i> (Poey)	10	777.6

FAMILIA CARANGIDAE

<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus)	2	5.8
<i>Selene vomer</i> (Linnaeus)	27	112.6
<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus)	3	9.8

FAMILIA GERREIDAE

<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier)	103	736.2
<i>Diapterus olisthostomus</i> (Goode y Bean)	9	159.0
<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier)	3	119.8

FAMILIA POMADASYIDAE

<i>Pomadasys crocro</i> (Cuvier)	4	1856.7
----------------------------------	---	--------

FAMILIA SCIAENIDAE

<i>Cynoscion arenarius</i> (Ginsburg)	1	204.0
<i>Stellefer lanceolatus</i> (Holbrook)	41	1084.6
<i>Bairdiella chrysurus</i> (Lacépède)	11	309.8
<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier y Valenciennes)	6	217.1

FAMILIA EPHIPPIDAE

<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet)	2	11.0
--	---	------

FAMILIA CICHLIDAE

<i>Cichlasoma helleri</i> (Steindachner)	1	32.3
<i>Cichlasoma pearsei</i> (Hubbs)	1	27.2
<i>Cichlasoma urophthalmus</i> (Günther)	1	3.7
<i>Cichlasoma friedrichsthalii</i> (Heckel)	2	78.7
<i>Cichlasoma synspilum</i> (Hubbs)	1	122.3
<i>Cichlasoma heterospilum</i> (Hubbs)	4	248.4
<i>Sarotherodon</i> ssp.	9	1194.1

FAMILIA MUGILIDAE

<i>Mugil curema</i> (Valenciennes)	1	57.5
------------------------------------	---	------

FAMILIA POLYNEMIDAE

<i>Polydactylus octonemus</i> (Girard)	7	89.6
--	---	------

FAMILIA GOBIIDAE

<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch)	9	248.3
<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin)	1	2.9
<i>Guavina guavina</i> (Cuvier y Valenciennes)	5	1085.8
<i>Gobioides broussoneti</i> (Lacépède)	7	607.6
<i>Gobionellus hastatus</i> (Girard)	1	2.0

FAMILIA TRICHIURIDAE

<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus)	1	0.8
---------------------------------------	---	-----

ORDEN PLEURONECTIFORMES

FAMILIA BOTHIDAE

<i>Citharichtys macrops</i> (Dresel)	1	13.7
<i>Citharichtys spilopterus</i> (Günther)	27	462.6

FAMILIA SOLEIDAE

<i>Trinectes maculatus</i> (Bloch y Schneider)	51	663.6
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus)	60	787.3

FAMILIA TETRAODONTIDAE

<i>Spherooides testudineus</i> (Linnaeus)	3	11.8
---	---	------

**TABLA VI**  
**COMPOSICION ESTACIONAL DE LA MACROFAUNA**  
**DEL SISTEMA LAGUNA DEL OSTION**

TAXON/ESPECIES	NUMERO DE ORGANISMOS CAPTURADOS				TOTAL
	POR CAMPAÑA				
	1a.	2a.	3a.	4a.	
<b>CRUSTACEOS</b>					
<i>Orden Decapoda</i>					
Familia Penaeidae					
<i>Penaeus setiferus</i> (Linnaeus)	—	5	7	20	32
<i>Penaeus aztecus</i> (Ives)	4	20	—	45	69
Familia Palaemonidae					
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	—	8	2	2	12
<i>Familia Diogenidae</i>					
<i>Clibanarius vittatus</i> (Bosc)	8	—	—	—	8
Familia Portunidae					
<i>Callinectes similis</i> (Williams)	—	51	3	67	121
<i>Callinectes rathbunae</i> (Contreras)	—	—	3	3	6
<i>Callinectes sapidus</i> (Rathbun)	—	1	10	49	60
<b>MOLUSCOS</b>					
<i>Orden Pterioida</i>					
Familia Ostreidae					
<i>Crassostrea virginica</i> (Gmelin)	18	—	—	—	18
<i>Orden Veneroidea</i>					
Familia Veneridae					
<i>Mercenaria campechiensis</i> (Gmelin)	24	—	—	—	24

## PECES

### **Orden Clupeiformes**

#### Familia Clupeidae

<i>Brevoortia patronus</i> (Goode)	106	—	—	—	106
------------------------------------	-----	---	---	---	-----

#### Familia Engraulidae

<i>Anchoa lamprotaenia</i> (Hildebrand)	—	27	—	9	36
---	---	----	---	---	----

<i>Anchoa mitchilli</i> (Valenciennes)	24	—	9	—	33
--	----	---	---	---	----

### **Orden Salmoniformes**

#### Familia Synodontidae

<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus)	—	—	—	1	1
-----------------------------------	---	---	---	---	---

### **Orden Siluriformes**

#### Familia Ariidae

<i>Arius melanopus</i> (Günther)	—	3	32	30	65
----------------------------------	---	---	----	----	----

### **Orden Batrachoidiformes**

#### Familia Batrachoididae

<i>Opsanus beta</i> (Good y Bean)	—	—	1	—	1
-----------------------------------	---	---	---	---	---

### **Orden Gasterosteiformes**

#### Familia Syngnathidae

<i>Syngnathus scovelli</i> (Everman y Kendall)	—	—	—	3	3
--	---	---	---	---	---

### **Orden Scorpaeniformes**

#### Familia Scorpaenidae

<i>Scorpaena plumieri</i> (Bloch)	1	—	—	—	1
-----------------------------------	---	---	---	---	---

### **Orden Perciformes**

#### Familia Centropomidae

<i>Centropomus parallelus</i> (Poey)	6	3	14	10	33
--------------------------------------	---	---	----	----	----

Familia Serranidae

<i>Epinephelus itajara</i> (Lichtenstein)	—	—	1	—	1
<i>Epinephelus striatus</i> (Bloch)	—	—	1	—	1

Familia Carangidae

<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch y Schneider)	—	36	1	3	40
<i>Trachinotus falcatus</i> (Linnaeus)	—	1	—	—	1
<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus)	—	2	—	—	2
<i>Caranx latus</i> (Agassiz)	—	—	1	—	1

Familia Lutjanidae

<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus)	—	5	—	—	5
<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch y Schneider)	—	—	—	1	1
<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum)	13	7	33	22	75

Familia Gerreidae

<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker)	7	209	6	4	226
<i>Eucinostomus gula</i> (Cuvier)	7	—	28	21	54
<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier)	13	1199	253	53	1518
<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier)	—	—	1	—	1

Familia Pomadasyidae

<i>Pomadasys crocro</i> (Cuvier y Valenciennes)	1	—	3	—	4
---	---	---	---	---	---

Familia Sparidae

<i>Diplodus caudimacula</i> (Poey)	—	—	1	—	1
<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum)	3	1	4	9	17

Familia Sciaenidae

<i>Bairdiella chrysura</i> (Lacépède)	1	—	3	—	4
<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier y Valenciennes)	—	1	—	2	3

Familia Ephippidae

<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet)	1	—	—	—	1
--	---	---	---	---	---

Familia Sphyraenidae

<i>Sphyraena barracuda</i> (Walbaum)	1	—	—	—	1
--------------------------------------	---	---	---	---	---

Familia Gobiidae

<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch)	—	—	2	—	2
<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes)	7	4	—	3	14
<i>Gobioides broussonneti</i> (Lacépède)	—	—	1	—	1
<i>Gobionellus hastatus</i> (Girard)	—	3	—	—	3

**Orden Pleuronectiformes**

Familia Bothidae

<i>Citharichthys spilopterus</i> (Günther)	—	7	2	7	16
--	---	---	---	---	----

Familia Soleidae

<i>Trinectes maculatus</i> (Bloch y Schneider)	—	—	2	—	2
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus)	—	3	3	2	8

<b>TOTAL:</b>	<b>245</b>	<b>1596</b>	<b>425</b>	<b>366</b>	<b>2632</b>
---------------	------------	-------------	------------	------------	-------------

## 2. La avifauna

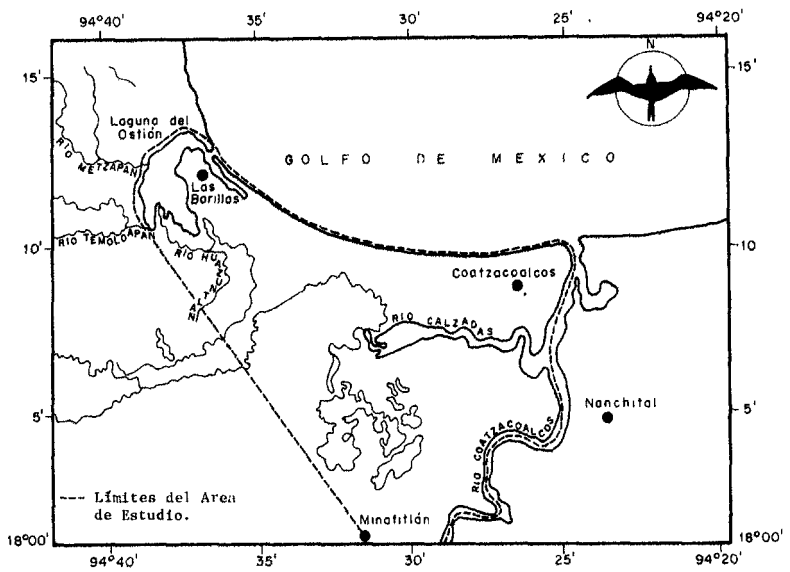
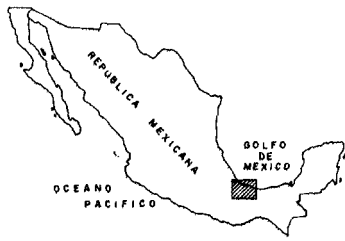
### *Avifauna de la región de Coatzacoalcos*

De las 1 ,000 a 1,018 especies que reportan para México Peterson y Chalif (1973), nuestro estudio detectó apenas 202 (cuadro 13) Esto indica que cerca del.20% de todas las aves registradas para el país pudieron observarse alguna vez en la región de Coatzacoalcos (mapa 5). Si añadimos a este total las 98 especies que reportan otros estudios, entonces más del 30% de las especies de la avifauna nacional se hallaba en esta localidad, al menos hasta hace dos décadas.

De los 22 tipos de aves existentes en México, 1 8 están representados en nuestro estudio, así como casi el 50% de todas las familias. Las familias reportadas en la zona y no detectadas en los transectos son las siguientes: *Phasianidae* (con una especie), *Strigidae* (con tres), *Momotidae* (con una) y, dentro de los *Passeriformes*, las familias *Furnaridae* (con una) y *Formicariidae* (con una). De las 91 especies restantes que no detectamos, se concentran 65 en las familias *Anatidae* (con 12 especies), *Rallidae* (con tres), *Scolopacidae* (con cuatro), *Cuculidae* (con tres), *Tyrannidae* (con diez), *Trogloditidae* (con cuatro) y en las subfamilias *Parul/nae* (con trece), *Cardinalinae* (con cinco), *Emberizidae* (con siete) e */cterinae* (con cuatro). Las demás se reparten aisladamente en 22 familias.

Muchas de estas especies no se detectaron porque viven generalmente en habitats boscosos, ya sea de vegetación primaria o secundaria, y con menor frecuencia en el tipo de ambientes muestreados. De las 98 especies reportadas para la zona en estudios anteriores, 24 corresponden a aves acuáticas, 53 a paserinas y, de éstas, 31 a representantes de la familia *Emberizidae* (anexo 1 del vol. 4 de esta serie). Un estudio del primer tipo de comunidades probablemente haría evidente la presencia de algunas en la zona. Sin embargo, la tasa de destrucción de estos ambientes es tan elevada, que para finales de la década las pocas áreas boscosas que aún viven en esta región seguramente habrán desaparecido.

Otro grupo de especies lo forman aves migratorias que sólo se encuentran de paso en el área. Es factible que nuestras fechas de muestreo no hayan coincidido con las estancias de dichas aves en la región. Por otra parte, en nuestros recorri-



MAPA 5. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

Cuadro 13

## RELACION DE ESPECIES DE AVES RESIDENTES EN COATZACOALCOS

	1	2	3	4	5	Número total de especies <sup>6</sup>		
						en México	en el Mundo <sup>a</sup>	
<b>I. PODICIPEDIFORMES</b>								
<b>PEDICIPEDIDAE</b>						5	17-18	60%
Tachybaptus dominicus	X	—	X	—	—			
Podilymbus dominicus	X	X	X	—	—			
Podiceps nigricollis	—	X	—	X	—			
<b>II. PELECANIFORMES</b>								
<b>PELECANIDAE</b>						2	6	100%
Pelecanus erythrorhynchos	X	—	—	X	X			
P. occidentalis	X	—	X	—	X			
<b>PHALACROCORACIDAE</b>						4	26	25%
Phalacrocorax olivaceus	X	X	X	—	X			
<b>ANHINGIDAE</b>						1	4(o 1)	100%
Anhinga anhinga	X	—	—	—	X			
<b>FREGATIDAE</b>						2	5	50%
Fregata magnificens	X	—	—	—	—			

Cuadro 13 (Continuación)

	1	2	3	4	5	Número total de especies <sup>6</sup>		
						en México	en el Mundo <sup>a</sup>	
<b>III. CICONIFORMES</b>								
<b>ARDEIDAE</b>						15-16	63	81%
<i>Botaurus pinnatus</i>	—	X'	—	—	—			
<i>B. lentiginosus</i>	—	X'	—	X	X			
<i>Ixobrychus exilis</i>	X	—	—	X	X			
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	—	—	—	—	X			
<i>Ardea herodias</i>	X	X	—	X	X			
<i>Casmerodius albus</i>	X	X	X	—	X			
<i>Egretta thula</i>	X	X	X	—	X			
<i>E. caerulea</i>	X	X	X	—	X			
<i>E. tricolor</i>	X	—	—	—	X			
<i>Bubulcus ibis</i>	X	—	X	—	—			
<i>Butorides striatus</i>	—	X	X	X	X			
<i>Nycticorax nycticorax</i>	X	—	—	—	X			
<i>N. violaceus</i>	—	—	—	—	—			
<b>THRESKIORNITHIDAE</b>						3	30	100%
<i>Eudocimus albus</i>	X	—	—	—	—			
<i>Plegadis chihi</i>	—	—	—	—	—			
<i>Ajaia ajaja</i>	—	—	—	—	—			
<b>CICONIIDAE</b>						2	17	50%
<i>Mycteria americana</i>	X	—						

Cuadro 13 (Continuación)

	1	2	3	4	5	Número total de especies <sup>6</sup>		
						en México	en el Mundo <sup>a</sup>	
<b>IV. ANSERIFORMES</b>								
<b>ANATIDAE</b>						<b>34</b>	<b>147</b>	<b>24%</b>
Dendrocygma bicolor	X	X'	—	X	X			
D. autumnalis	X	X'	-	-	X			
Cairina moschata	X	—	—	—	—			
Anas platyrhynchos (doméstico)	—	X'	—	X	—			
A. discors	X	X'	—	X	X			
A. clypeata	X	X'	—	X	—			
Aythya affinis	X	—	—	X	—			
Oxyura dominica	X	—	—	—	—			
<b>V. FALCONIFORMES</b>								
<b>CATHARTIDAE</b>						<b>4</b>	<b>7</b>	<b>50%</b>
Coragyps atratus	—	—	X	—	X			
Cathartes aura	—	—	X	—	X			

	Cuadro 13 (Continuación)					Número total de especies <sup>6</sup>		
	1	2	3	4	5	en México	en el Mundo	
<b>ACCIPITRIDAE</b>						<b>39</b>	<b>209</b>	<b>33%</b>
<i>Pandion haliaetus</i>	X	—	—	X	X			
<i>Elanoides forficatus</i>	—	—	—	X	—			
<i>Elanus caeruleus</i> (grupo <i>leucurus</i> )	—	—	X	—	X			
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	—	—	X	—	X			
<i>Ictinia mississippiensis</i>	—	—	—	X	—			
<i>I. plumbea</i>	—	—	X	—	X			
<i>Circus cyaneus</i>	—	—	—	X	—			
<i>Accipiter striatus</i>	—	—	—	X	—			
<i>A. cooperii</i>	—	—	—	X	—			
<i>Buteogallus anthracinus</i>	—	—	X	—	X			
<i>Buteo magnirostris</i>	—	—	X	—	X			
<i>B. swainsoni</i>	—	—	—	X	—			
<i>B. jamaicensis</i>	—	—	—	X	—			
<b>FALCONIDAE</b>						<b>12</b>	<b>58</b>	<b>58%</b>
<i>Polyborus plancus</i>	—	—	X	—	—			
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	—	—	X	—	X			
<i>Falco sparverius</i>	—	—	X	X	—			
<i>F. columbarius</i>	—	—	—	X	—			
<i>F. femoralis</i>	—	—	—	—	—			
<i>F. rufigularis</i>	—	—	X	—	X			
<i>F. peregrinus</i>	—	—	—	X	—			
<b>VI. GALLIFORMES</b>								
<b>CRACIDAE</b>						<b>7</b>	<b>39</b>	<b>149%</b>
<i>Ortalis vetula</i>	—	—	X	—	X			

Cuadro 13 (Continuación)

	1	2	3	4	5	Número total de especies <sup>6</sup>		
						en México	en el Mundo	
<b>VII. CRUIFORMES</b>								
<b>RALLIDAE</b>						15	119	27%
<i>Rallus limicola</i>	—	—	—	X	—			
<i>Porphyryla martinica</i>	X	—	—	—	—			
<i>Gallinula chloropus</i>	X	—	—	X	—			
<i>Fulica americana</i>	X	X	—	—	—			
<b>ARAMIDAE</b>						1	1	100%
<i>Aramus guarauna</i>	X	—	—	—	X			
<b>VIII. CHARADRIIFORMES</b>								
<b>CHARADRIIDAE</b>						9	60	67%
<i>Pluvialis squatarola</i>	X	—	—	X	—			
<i>Charadrius alexandrinus</i>	—	—	—	—	—			
<i>C. wilsonja</i>	—	—	—	X	—			
<i>C. semipalmatus</i>	—	—	—	X	—			
<i>C. melodus</i>	—	—	—	—	—			
<i>C. vociferus</i>	—	—	—	X	X			
<b>RECURVIROSTRIDAE</b>						2	7	100%
<i>Himantopus mexicanus</i>	X	X	X	—	X			
<i>Recurvirostra americana</i>	—	—	—	X	—			

Cuadro 13 (Continuación)

	1	2	3	4	5	Número total de especies <sup>6</sup>		
						en México	en el Mundo <sup>a</sup>	
JACANIDAE						1	7	100%
<i>Jacana spinosa</i>	X	X	X	—	X			
SCOLOPACIDAE						30	75	63%
<i>Tringa melanoleuca</i>	—	—	X	X	X			
<i>T. flavipes</i>	X	—	X	X	X			
<i>T. solitaria</i>	—	—	X	X	X			
<i>Catoptrophorus semipalmatus</i>	—	—	—	X	—			
<i>Actitis macularia</i>	—	—	X	X	X			
<i>Numenius americanus</i>	X	—	—	X	—			
<i>Limosa fedoa</i>	X	—	—	—	—			
<i>Arenaria interpres</i>	—	—	—	X	—			
<i>Calidris canutus</i>	—	—	—	X	—			
<i>C. alba</i>	—	—	—	X	—			
<i>C. mauri</i> <sup>(1)</sup>	—	—	—	X	—			
<i>C. minutilla</i>	—	—	—	X	X			
<i>C. fuscicollis</i>	—	—	—	X	—			
<i>C. melanotos</i>	—	—	—	X	X			
<i>C. ferruginea</i>	—	—	—	—	—			
<i>C. himantopus</i>	—	—	—	X	—			
<i>Limnodromus griseus</i>	—	—	—	—	—			
<i>L. scolopaceus</i>	—	—	—	X	—			
<i>Gallinago gallinago</i>	—	—	—	X	X			

(1) Cabe la posibilidad que algunos de estos registros correspondan a machos en plumaje invernal de *Calidris pusilla*. (Phillips, com. pers.).

Cuadro 13 (Continuación)

	1	2	3	4	5	Número total de especies <sup>6</sup>		
						en México	en el Mundo	
<b>LARIDAE</b>						<b>25</b>	<b>81</b>	<b>52%</b>
<i>Larus atricilla</i>	X	—	X	X	X			
<i>L. pipixcan</i>	X	—	—	X	—			
<i>L. philadelphia</i>	—	—	—	X	—			
<i>L. delawarensis</i>	—	—	—	X	—			
<i>L. argentatus</i>	X	—	—	X	X			
<i>Sterna nilotica</i>	—	—	—	X	—			
<i>S. caspia</i>	X	—	—	X	—			
<i>S. maxima</i>	—	—	—	X	—			
<i>S. sandvicensis</i>	—	—	—	X	—			
<i>S. hirundo</i>	X	—	—	X	—			
<i>S. antillarum</i>	—	—	—	X	—			
<i>Chlidonias niger</i>	X	—	X	X	—			
<i>Rynchops niger</i>	X	—	—	X	—			
<b>IX. COLUMBIFORMES</b>								
<b>COLUMBIDAE</b>						<b>23</b>	<b>285</b>	<b>39%</b>
<i>Columba livia</i> (doméstica)	—	—	—	—	—			
<i>C. cayennensis</i>	—	—	—	—	—			
<i>C. flavirostris</i>	—	X	X	—	—			
<i>Zenaida asiatica</i>	—	—	—	—	X			
<i>Z. macroura</i>	—	—	—	X	X			
<i>Columbia inca</i>	—	—	X	—	—			
<i>C. passerina</i>	—	—	—	—	X			
<i>C. talpacoti</i>	—	—	X	—	X			
<i>Leptotila verreauxi</i>	—	—	X	—	X			

Cuadro 13 (Continuación)

	1	2	3	4	5	Número total de especies <sup>6</sup>		
						en México	en el Mundo	
X. PSITTACIFORMES								
PSITTACIDAE						19	317	21%
Aratinga nana (= astec)	—	—	X	—	X			
Amazona albifrons	—	—	—	—	—			
A. autumnalis	—	—	—	—	—			
A. ochrocephala	—	—	—	—	—			
XI. CUCULIFORMES								
CUCULIDAE						11	125	27%
Coccyzus minor	—	—	—	—	—			
Piaya cayana	—	—	—	—	X			
Crotophaga sulcirostris	—	—	X	—	X			

Cuadro 13 (Continuación)

	COLUMNAS			OBSERVACIONES
	1	2	3	
<b>XII. STRIGIFORMES</b>				
<b>TYTONIDAE</b>				
Tyto alba	r	r	r	
<b>XIII. CAPRIMULGIFORMES</b>				
<b>CAPRIMULGIDAE</b>				
Chordeiles minor	m'	m Rp	?	2 registros en abril de 1985.
<b>NYCTIBIIDAE</b>				
Nyctibius griseus	r	r	r	
<b>XIV. APODIFORMES</b>				
<b>APODIDAE</b>				
Streptoprocne zonaris	r	r	?	
<b>TROCHILIDAE</b>				
Anthracothorax prevostii	r	r	?	
Amazilla yucatenensis	m'	r Rpi	r <sup>e</sup>	No registrada de agosto a diciembre.

Cuadro 13 (Continuación)

	COLUMNAS			OBSERVACIONES
	1	2	3	
<b>HIRUNDINIDAE</b>				
Progne subis	m'	r Rpi	?	
P. chalybes	r	r	?	1 registro en abril.
Tachycineta bicolor	m	m pi	m <sup>f</sup>	Ausente junio-agosto.
T. albilinea	r	r	r <sup>e</sup>	Julio y agosto ausente.
Stelgidopteryx serripennis		r	?	Sólo se detecto en feb-marzo.
Riparia riparia	m	m	m	1 registro en agosto.
Hirundo rustica	m'	R pi	m <sup>p</sup>	Invernante irregular en México y C.A.
<b>CORVIDAE</b>				
Cyanocorax morio	r	r	r <sup>f</sup>	No se registró en octubre.
<b>TROGLODYTIDAE</b>				
Campylorhynchus zonatus	r	r	?	
<b>MUSCICAPIDAE (TURDINAE)</b>				
Turdus grayi	r	r	?	1 registro en julio.
T. migratorius	m'	m	?	1 registro en noviembre.
<b>MIMIDAE</b>				
Minus polyglottos	m	mi	?	1 registro en febrero.
Dumetella carolinensis	r	r	?	1 registro en agosto. juvenil?

	Cuadro 13 (Continuación)					Número total de especies <sup>6</sup>		
	1	2	3	4	5	en México	en el Mundo	
<b>MOTACILLIDAE</b>						2	53	50%
<i>Anthus spinoletta</i>	—	—	—	X	—			
<b>VIREONIDAE</b>						21	37	10%
<i>Vireo bellii</i>	—	—	—	—	—			
<i>V. olivaceus</i>	—	—	—	X	—			
<b>EMBERIZIDAE</b>						63-69	113	19%
<b>PARULINAE</b>								
<i>Dendroica petechia</i>	—	X'	X'	X'	X =	aestiva		
<i>D. magnolia</i>	—	X'	X'	X'	X			
? <i>D. palmarum</i> (accidental)	—	X'	—	—	—			
<i>Mniotilta varia</i>	—	—	X	X	—			
<i>Setophaga ruticilla</i>	—	—	X	—	X			
<i>Seiurus noveboracensis</i>	—	—	X	X	—			
<i>Oporornis formosus</i>	—	—	—	—	—			
<i>Geothlypis trichas</i>	—	—	X	X	—			
<i>G. poliocephala</i>	—	—	X	—	—			
<i>Wilsonia pusilla</i>	—	—	X	X	—			
<i>Icteria virens</i>	—	—	X	X	—			
<b>THRAUPINAE</b>						27	191	15%
<i>Euphonia affinis</i>	—	—	—	—	—			
<i>E. hirundinacea</i> = ( <i>Tanagra lauta</i> )	—	—	—	—	X			
<i>Thraupis episcopus</i>	—	—	X	—	X			
<i>T. abbas</i>	—	—	X	—	X			

Cuadro 13 (Continuación)

Número total de especies<sup>6</sup>  
 en México en el Mundo

	1	2	3	4	5			
<b>CARDINALINAE</b>								
<i>Saltator coerulescens</i>	—	—	X	—	X			
<i>S. atriceps</i>	—	—	X	—	—			
<i>ardinalis cardinalis</i>	—	—	—	—	X			
<i>Cyanocopsa parellina</i>	—	—	—	—	X			
<b>EMBERIZINAE</b>								
? <i>Pipilo fuscus</i> (accidental)	—	—	—	—	—			
<i>Sporophila torqueola</i>	—	—	X	—	—			
? <i>Oryzoborus funereus</i>	—	—	—	—	—			
<i>Sicalis luteola</i>	—	—	—	—	—			
<i>Melospiza melodia</i> (accidental)	—	—	—	—	—			
<b>ICTERINAE</b>						30-33	88	39%
<i>Agelaius phoeniceus</i>	—	—	—	—	X			
<i>Sturnella magna</i>	—	—	X	—	X			
<i>S. neglecta</i>	—	—	—	X	—			
<i>Dives dives</i>	—	—	X	—	X			
<i>Euphagus cyanocephalus</i>	—	—	—	X	—			
<i>Quiscalus mexicanus</i>	—	—	X	—	X			
<i>Icterus spurius</i>	—	—	X	X	X			
<i>I. cucullatus</i>	—	—	X	—	X			
<i>I. mesomelas</i>	—	—	—	—	X			
<i>I. gularis</i>	—	—	—	—	X			
<i>I. galbula</i>	—	—	—	X	—			
<b>TOTAL:</b>	<b>202</b>	<b>especies</b>	<b>en</b>	<b>42</b>	<b>familias</b>	<b>y</b>	<b>18</b>	<b>órdenes.</b>

### Cuadro 13 (Conclusión)

Los números de las columnas corresponden a los siguientes trabajos:

1. Reyes, P. 1972. Aves acuáticas de la región de Coatzacoalcos-Minatitlán, En: Ochoa S.G., G. Halfter y R. Ibarra. Estudio de la Contaminación en el bajo río Coatzacoalcos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. (Informe Final de la Primera Etapa): 115-161. (Este reporte básicamente maneja aves acuáticas y de pantano y se basa en estudios hechos por Blake (1953) y por Saunders y Saunders (1949).
2. Méndez-Acosta, M. (Coordinador) 1979. Estudio Bioeconómico de la Región del Delta del río Coatzacoalcos. Secretaría del Mejoramiento del Ambiente. INIREB. Jalapa, México. (Inédito).
3. Edwards, E.P. 1968. A. Guide to Bird-finding. 2a. Edición. Lynchburg, VA.: 65-70.  
Edwards, E.P. 1972. A. field guide to the Birds of Mexico, E.P. Edwards. Sweet Briar, VA.
4. Loetscher, F.W. 1955. North American Migrants in the State of Veracruz, México: a summary. Auk 72: 14-54.
5. Brodkorb, P. 1943. Birds from the Gulf Lowlands of Southern México. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich., N° 55: 1-88.
6. Peterson, R.T. y E.L. Chalif. 1973. A Field Guide to Mexican Birds and Adjacent Central América. Houghton Mifflin Company, Boston: 298 pp.
  - a. Porcentajes de especies presentes en Coatzacoalcos en relación al total reportado para México.
  - X' Reporta solamente el género.
  - \* Especie registrada en la zona, pero no detectada dentro de un transecto.
  - ? Registros que requieren confirmación.

dos encontramos varias de hábitos nocturnos, crepusculares o muy secretivos, lo cual hace difícil su detección, a menos que se realice una búsqueda intensiva y sistemática.

Llama la atención el gran número de especies de anátidos no registradas: doce especies equivalentes al 60% del total que supuestamente habitaba el área o acudía durante su migración invernal. Esta observación coincide con algunas de las opiniones emitidas por los cazadores de la región (véase la sección de etnozología del vol. 4). A nuestro parecer, se justifica doblemente la apremiante necesidad de una evaluación más profunda de las causas de este marcado descenso en la diversidad y la abundancia de las poblaciones de patos y gansos en los humedales de Coatzacoalcos. Esta ausencia podría significar una llamada de auxilio frente al sólido avance del deterioro ambiental en la zona.

En términos generales, sostenemos que varias de las especies reportadas en trabajos anteriores han desaparecido definitivamente del área. Como *Agami/agami*, *Cochlearius cochlearius*, *Jabiru mycterla* y *Cathartes burrovianus*, que por principio suelen presentarse en agrupaciones coloniales, es muy poco probable que aún subsistan en estos humedales. Si consideramos el número de no Passeriformes detectadas en el estudio (135 de un total de 180 reportadas en el cuadro 13, y asumimos que esta cifra refleja una situación verdadera, hemos dejado de detectar dentro de este grupo a 45 especies. Esta cifra representa una reducción del 25% en poco menos de 30 años. Si hacemos el mismo análisis para las Passeriformes (66 de un total de 119 reportadas), el resultado llega casi a un 45%. Así, en promedio, más de un tercio (35%) de las especies que constituían la avifauna de la región ha desaparecido, o se encuentra en cantidades tan pequeñas o en ambientes tan localizados, que no son detectables con los métodos aplicados.

Los dos factores básicos de estos cambios son quizás la exposición a altos niveles de contaminantes y el empobrecimiento y la reducción del hábitat preferido. En algunos casos, la pequeñez de las poblaciones, los rangos de distribución restringidos y los disturbios ocasionados por los seres humanos, también podrían desempeñar un papel importante en el mantenimiento de dichas poblaciones. Si la tendencia sugerida por nuestras observaciones se mantiene, serán pocas las especies de aves que sobrevivan en el año 2000.

## *Familias migratorias*

México presenta las concentraciones más elevadas de aves migratorias-transitorias e invernantes neárticas de toda Latinoamérica: 313 especies. De todas las familias de aves representadas en la región de Coatzacoalcos, siete se destacan por la elevada proporción de especies migratorias que las integran. El 59% de un total de 108 especies hace uso transitorio de los recursos que la región ofrece (figura 4). Más del 20% de todas las especies migratorias neárticas (70+ de un total de 332 especies) pertenece a la familia *Emberizidae* (17 % de todas las especies presentes en Coatzacoalcos pertenecen a esta familia). A su vez, la gran mayoría de las especies representadas en esta familia ocupa habitats boscosos, tanto en sus áreas de reproducción como en los sitios donde invernán. El tipo de comunidad boscosa puede ser muy variable e incluye comunidades de vegetación primaria y secundaria (Rappole *et al.*, 1983: tabla 2).

*En Coatzacoalcos la familia Emberizidae incluye a 35 especies, de las cuales 12 pueden considerarse migratorias. Predominan principalmente en el manglar y en las dunas interiores ambientes caracterizados por una vegetación arbórea arbustiva. Conforme han desaparecido los bosques clímax primarios (sensu Clements), muchas especies de aves se empiezan a recluir en etapas serales o acahuales de varios tipos. Su presencia puede explicarse de tres maneras: a) especies atraídas a determinada etapa sucesional por su semejanza con estadios maduros de otros tipos de habitat; b) otras, atraídas a la vegetación secundaria porque algunas facetas de su estructura son comparables a las presentes en otros habitats, por lo demás muy diferentes en apariencia; y c) las atraídas a la zona por una abundancia temporal de recursos (fide Rappole *et al.*, *ap. cit.* pp. 11 -12).*

Debido a que nuestro estudio concentró sus esfuerzos en humedales y a que hubo gran número de especies de passerinas de bosque en la zona,, recomendamos un estudio más específico en los remanentes de áreas boscosas de la región, principalmente en el manglar y en los acahuales de selva alta perennifolia localizados en la porción de dunas interiores y en puntos aislados a lo largo de la parte baja del río Coatzacoalcos. El objetivo sería definir la importancia de estos remanentes boscosos para la avifauna residente y para la migrato-

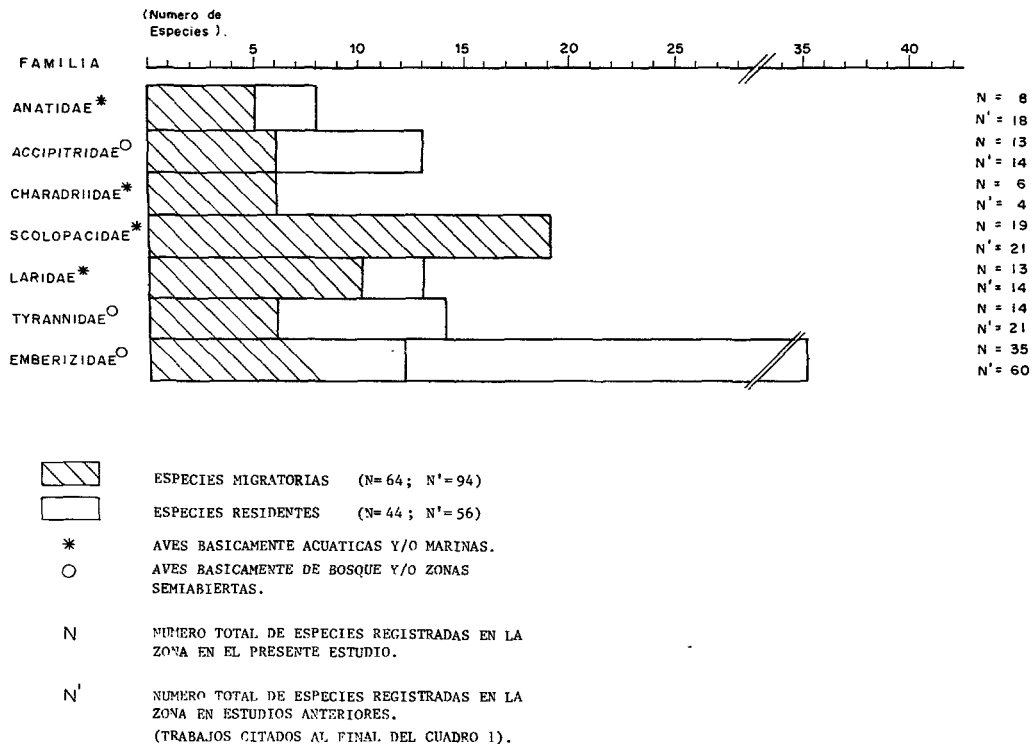


FIG. 4. FAMILIAS DE AVES ENCONTRADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO QUE PRESENTAN UNA MAYOR PROPORCION DE ESPECIES MIGRATORIAS.

ria, ya que es en habitats de una mayor complejidad estructural donde se da por lo general un mayor número de especies, tanto estacionarias como viajeras. Si comparamos el número de especies de la familia *Emberizidae* que han sido **reportadas para la zona (60>** con el número detectado en este estudio (35), parecería que han dejado de encontrarse en el área más del 40% de especies. En promedio, el componente migratorio de las siete familias de la figura 4 se ha reducido casi en un tercio y en el componente residente se observa una reducción del 21.4%. Por tanto, la disminución en la diversidad local de la avifauna es innegable.

La familia *Scolopacidae* es la segunda en la lista, con un total de 19 especies migratorias, la mayoría de las cuales se registraron en el transecto de playa.

La importancia de las zonas litorales como cuarteles de reabastecimiento y de internación para chorlos y playeros apenas en años recientes ha sido descubierta, en toda su amplitud. Las aportaciones del *Programa Panamericano de Bando de Chorlos y Playeros* han contribuido a detectar muchas de estas áreas en América del Sur. Asimismo, se logró establecer el recorrido específico que hacen algunas de estas especies durante sus dos migraciones anuales. Se piensa que las regiones costeras a ambos lados de la zona ístmica de nuestro país podrían servir como puntos importantes de descanso y abastecimiento para varias de ellas (Myers, *com. pers.*, 1985). Nuestros datos no parecen indicar que las playas de Coatzacoalcos jueguen un papel importante en este sentido, aunque sería prudente obtener mayor información al respecto. Indicio de una baja densidad de playeros es la captura en redes de niebla(\*) de sólo 3 ejemplares de *Actitis macularia* (*Scolopacidae*), 8 *Charadrius alexandrinus*, 7 *Charadrius wilsonia* y 2 *Charadrius semipalmatus* (*Charadriidae*) el 25 de agosto de 1984, todos ellos atrapados casi simultáneamente después de las 20:00 horas en una laguneta enfangada a 200 m de la playa. Cabe agregar que estos ejemplares fueron bandados y liberados.

En general, las aves acuáticas y marinas de la región exhiben un componente migratorio importante. Las familias *Anatidae*, *Charadriidae* y *Laridae* se representan por 21 especies

Las redes estuvieron en operación de las 18:00 a las 21:00 hrs.

migratorias y sólo 6 residentes. Las familias de orientación terrestre -*Accipitridae*, *Tyrannidae* y *Emberizidae*-muestran 26 especies migratorias; a diferencia de las aves acuáticas y marinas, el componente residente, con 38 especies, también es importante. El interés por entender el uso de habitat en especies residentes permanentes (reproductivas en el área) y migratorias (residentes invernales) ha impulsado una gran cantidad de estudios en años recientes (Keast y Morton, 1980 y Rappole *et al.*, 1983). La mayoría de ellos se enfocan a especies de bosque. En estos ambientes es posible encontrar 107 especies de aves migratorias neárticas. Las restantes 225 especies migratorias se distribuyen en habitats acuáticos (105) o en desiertos, pastizales, sabanas, matorrales y ambientes costeros (120). Sin embargo, para estos ambientes no boscosos existe un vacío literal en cuanto a comparaciones de uso de habitat y de otras relaciones posibles entre poblaciones coexistentes de aves residentes y migratorias.

Las siete familias incluidas en la figura 4 podrían constituir un punto de partida para estudios de uso de habitat. Representan más del 50% del total de la avifauna regional (108 especies) y contienen un 59% de especies migratorias, tanto de orientación terrestre como acuática. Además, es posible hallar entre ellas especies amenazadas y plaga. Estos estudios de naturaleza primordialmente ecológica son imprescindibles para determinar la importancia relativa de los distintos ambientes de la avifauna y así plantear estrategias de manejo y conservación.

#### *Especies migratorias en los ambientes muestreados*

La proporción de especies consideradas migratorias que compone la avifauna de Coatzacoalcos es del 38.89% en promedio para todos los ambientes muestreados, si bien en el transecto de playa llega a alcanzar el 66% y en el manglar algo más del 22%. No tenemos datos sobre la proporción de especies migratorias en otros humedales del país, pero los valores obtenidos para la zona caen dentro del mismo rango de valores que anotan varios autores para diversas comunidades boscosas de México.

La mayor incidencia de especies migratorias se reporta en el transecto de playa (66%) y en los transectos de pantano y

laguna del Ostión (39.7% y 39.2%, respectivamente). En la playa, chorlos y playeros constituyen la mayor proporción de especies migratorias. Sus números comienzan a incrementarse a partir de julio, y en octubre constituyen el 77% de todas las especies detectadas en el transecto. En enero y febrero decrecen en número a lo largo de la playa, pero es frecuente encontrarlas resguardándose, tal vez de los nortes, en pequeños estanques estacionales formados a lo largo de las dunas. En marzo vuelve a observarse un ligero incremento; a principios de abril otro decrecimiento. En marzo y abril se observaron en las dunas vecinas incrementos en el número de rapaces (Falconiformes), tanto residentes como migratorias. Posiblemente se vieron atraídas a esta zona por la quema de potreros vecinos, durante la cual pequeños vertebrados e invertebrados perecen en el fuego o bien salen huyendo de él para ser atrapados por las aves. Si bien la proporción de aves residentes en el pantano es elevada, dos de cada cinco especies son migratorias y se constituyen principalmente por chorlos, gaviotas y golondrinas. En marzo y abril se detectó un mayor número de especies e individuos de estas familias. El fenómeno migratorio crece a partir de noviembre, cuando dominan especies de las familias *Anatidae* y *Laridae*. En marzo empieza a disminuir la presencia de gaviotas, pero se incrementa la de chorlos (*Scoiopacidae*) y, a finales del mes, la de golondrinas.

En la laguna del Ostión las especies residentes predominan de mayo a octubre, y se observa un mayor número de ellas en junio y octubre. Las familias de aves migratorias predominantes en este transecto son los playeros, las gaviotas y los gaviotines (*Charadriidae* y *Laridae*), que comienzan a aumentar a partir de junio. Se observó un pico marcado en la abundancia de estas especies en enero y principios de febrero.

En los transectos restantes río Coatzacoalcos (RCO), río Calzadas (RCA), dunas (DUN) y manglar (MAN), la proporción de especies migratorias es menor, pero aún constituye entre el 20 y 30% de todas las especies registradas. En el río Calzadas se observa un incremento en individuos de las familias *Falconidae* y *Accipitridae* durante el mes de enero y hasta finales de marzo. El contingente de anátidos migratorios también es abundante en estas últimas fechas. La mayor propor-

ción de aves registradas en este transecto se concentra en las lagunas del Tepache y del Colorado y disminuye marcadamente conforme se incrementan los asentamientos humanos en las riberas del río.

A lo largo del transecto del río Coatzacoalcos se detectan diversas especies de garzas durante todo el año. En marzo y en abril aparecen en la zona varias especies de escolopácidos (chorlos); éstas se congregan en grupos de tamaño muy variable en las playuelas de fango que se depositan en ciertos recodos del río. Tales zonas vuelven a quedar sumergidas durante la época de lluvias, de julio a octubre, meses en que ya no se detectan especies que hagan uso de estas zonas inundadas en particular.

El transecto de dunas, en febrero, se caracteriza por la elevada incidencia de aguillillas, gavilanes y halcones (familias *Accipítridae* y *Falconidae*). A partir de marzo empieza a detectarse un incremento en la representación de familias, tales como *Anatidae*, *Hirundinidae* (golondrinas), *Tyrannidae* (mosqueritos) y *Emberizidae* (chipes, bolseros, cardenales y gorriones).

En el manglar el mayor porcentaje de especies migratorias lo [posee. la](#) familia *Emberizidae*, con las subfamilias *Parulinae* e *Icterinae* (cuadro 14). Casi ninguna de estas especies es exclusiva de dicho habitat, ya que es posible detectarlas en otros ambientes, tanto de zonas arboladas como de matorrales. Algunas de ellas suelen asociarse aquí con cuerpos de agua (*Wilsonia pusilla*, *Seiurus noveboracensis*, *Dendroica petechia*). Todas las anteriores familias se presentaron con mayor abundancia en octubre. La proporción de especies migratorias detectadas en el manglar de la laguna del Ostión (23%) es reducida si la comparamos con los valores reportados por Hutto (1980:187) para un manglar con varias vedras y aclareos en el estero del Pozo, Nayarit (74%). Este autor argumenta que las especies migratorias en su zona de estudio ocupan preferentemente habitats perturbados y menos frecuentados por las especies residentes. Como sus resultados no incluyen aves acuáticas, sería riesgoso aplicar su argumento a los nuestros. Sin, embargo, el transecto de manglar presenta el menor grado de perturbación de todos los transectos, muestreados y a la vez el mayor porcentaje de especies residentes (77.3 %). Establecer en qué medida es-

ta observación apoya los argumentos de Hutto requiere de mayores estudios. (\*)

En el área de Coahuila y a lo largo de todo el año se observan especies consideradas como migratorias. Su abun-

dancia y diversidad es menor a finales de la época de secas y principio de las lluvias (mayo, junio, julio) y fluctúa en los meses restantes según los grupos de especies que llegan o se van de manera conjunta o escalonada. En la zona de playa el componente migratorio siempre fue mayor que el residente, salvo en junio, cuando se invirtió esta relación. En todos los demás ambientes el número de especies residentes predominan sobre las migratorias, aunque no necesariamente en número de individuos. Por la importancia del componente migratorio en la región, confiamos en que se continúe este tipo de censos anualmente, para así detallar los patrones migratorios aquí esbozados. Sólo así se podrá comprender la verdadera dinámica de las poblaciones migratorias en el área de estudio.

### *Especies migratorias vulnerables*

Muchas aves y otros vertebrado de gran talla son menos sensibles a los cambios en la composición específica de una comunidad vegetal que a los cambios en la estructura del habitat, su productividad y su extensión (Gilbert, 1980:12). La fragmentación de los habitats, fenómeno que día con día se acelera en la llanura costera del Golfo de México, estimula aparentemente una reacción en cadena ecológicamente deteriorativa que se inicia con una pérdida impredecible de las especies raras; entre éstas, los predadores secundarios tienen una importancia desproporcionada, dado su papel clave en el control de las poblaciones de sus presas. La desaparición de los predadores puede disparar una cascada inesperada de extinciones secundarias, consecuencia de la disrupción en las relaciones predador-presa, creadas durante miles de años de interacción evolutiva. Presuntamente se establecerá un nuevo equilibrio, el cual, sin embargo, será mucho menos complejo que el original en cuanto a la diversi-

<sup>1</sup> Rappole y Morton (ms) proponen un contraargumento bastante convincente a la hipótesis de Hutto, que habría que tomar en cuenta al planear los estudios arriba propuestos.

dad de especies y de las interacciones resultantes (Terborgh y Winter, 1980:132).

México reconoce la importancia de la conservación de su fauna y ha decretado una veda a la caza de 28 especies de aves para la temporada cinegética 1985-1986. Algunas de estas especies se encuentran a nuestro entender extintas en sus ambientes naturales como el carpintero real imperial y el cóndor de California. Rappole, *etal.* (1983:90-92) exponen una lista de 52 especies migratorias neárticas cuya supervivencia a corto plazo se encuentra amenazada. De éstas, 9 se detectaron en Coatzacoalcos (tabla 3b del vol. 4 de esta serie). Todas ellas pueden considerarse predadores (consumidores secundarios y terciarios), y al menos 7 dependen para su alimentación de vertebrados e invertebrados acuáticos (cuadro 5 del vol, 4). Asimismo, para otras 5 especies, una reducción en el hábitat preferido es uno de los factores principales de vulnerabilidad. Los «Charadrúfor»es, con 6 especies, se encuentran entre los más afectados por presentar tamaños de población reducidos, ser muy susceptibles a perturbaciones originadas por el hombre y tener cuarteles migratorios vulnerables. El número máximo de individuos registrados para estas especies durante todo un año de observaciones -con la probable salvedad de *Sterna hirundo*- parece apoyar la decisión tomada por Rappole y sus colaboradores de considerar a estas poblaciones susceptibles de reducirse, algunas de ellas seriamente, durante la próxima década.

Los periodos más vulnerables en 5 de las 9 especies son el migratorio y el invernal. Dentro de Coatzacoalcos 6 especies se consideran migratorias. No creemos que ninguna de ellas, a excepción tal vez de *Sterna hirundo*, inverne en la zona. Como *Egretta caerulea* parece ser un residente permanente en la región, aunque con fluctuaciones estacionales, y como su periodo más vulnerable es el reproductivo, sería importante descubrir en qué medida lo afectan los factores que originan su vulnerabilidad. Entre todas las especies enlistadas, parece ser susceptible a un mayor número de efectos; al menos dos de ellos están muy presentes en el área de Coatzacoalcos: 1) hábitat preferido en decremento, y 2) exposición a niveles elevados de contaminantes. Mientras no se comprenda la importancia y significación ecológica de una especie, resulta aventurado condenarla a la desaparición por

falta de acciones preventivas en este sentido. Reconocemos que, en el mejor de los casos, intentar evaluar los atributos de cada especie, y asignarle una importancia o prioridad de conservación, es una labor subjetiva por fuerza. Sólo en la medida en que se protejan los ambientes naturales en toda su integridad nos veremos menos presionados a tomar decisiones acerca de sus componentes individuales.

### *Distribución de la avifauna por ambientes*

Básicamente, se trabajó en tres tipos de humedales (*vide* Rappoíe *et al.*, 1983): 1) la playa, que puede considerarse un ambiente marincostero; 2) la laguna del Ostión y el manglar, que son considerados humedales salobres o hiposalinos; y 3) el pantano, la zona ribereña -los ríos Coatzacoalcos y Calzadas- y las dunas, que en un contexto amplio quedarían incluidos en humedales dulceacuícolas ("fresh-water wetlands"), en parte con influencia marina.

La presente sección coloca cada una de las especies en un cierto tipo de humedal. En ocasiones, cuando nuestras observaciones personales se limitaron a uno o dos encuentros, completamos las preferencias de hábitat con los reportes escritos sobre especies de aves residentes permanentes o invernales en la región neotropical. Sólo las especies que se observaron mientras usaban directamente el hábitat (alimentándose, aliñándose, descansando o reproduciéndose actividades de reproducción) se tomaron en cuenta para la elaboración del cuadro 14. (\*)

A partir de los resultados expuestos en el cuadro 14, se elaboró la figura 5; ésta expone el porcentaje de especies, del total considerado (N = 198), que se encuentran desde en uno hasta en siete o más ambientes.

En síntesis, nuestros resultados muestran que más de dos terceras partes (67,7%) de las especies encontradas sólo se detectaron en uno (46.5%) o en dos ambientes (21.2%), un 14.6 % se tabuló haciendo uso de tres ambientes diferentes, y el 17% restante se detectó en cuatro o más ambientes. Las especies detectadas en todos los ambientes

<sup>1</sup> Se añade la categoría de eventualde paso para aquellas especies que se vieron en determinado ambiente, pero a las cuales no fue posible asignar una categoría de uso más específica.

CUADRO 14

## DISTRIBUCION DE LA AVIFAUNA POR AMBIENTES

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RIO S RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>I. PODICIPEDIFORMES</b>							
<b>PODICIPEDIDAE</b>							
Tachybaptus dominicus				0	0		
Podilymbus podiceps				0	0		
Podiceps nigricollis				0	0		
<b>II. PELECANIFORMES</b>							
<b>PELECANIDAE</b>							
Pelecanus erythrorhynchos					0	0	
P. occidentalis	0	0					0
<b>PHALACROCORACIDAE</b>							
Phalacrocorax olivaceus		0		0	0	0	
<b>ANHINGIDAE</b>							
Anhinga anhinga						0	
<b>FREGATIDAE</b>							
Fregata magnificens	0	0		0			

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>III. CICONIIFORMES</b>							
<b>ARDEIDAE</b>							
* <i>Botaurus pinnatus</i>					0		
<i>B. lentiginosus</i>						0	
<i>Ixobrychus exilis</i>		0			0	0	
<i>Tigrisoma mexicanum</i>		0	0		0	0	
<i>Ardea herodias</i>		0		0	0	0	
<i>Casmerodius albus</i>	0	0		0	0	0	
<i>Egretta thula</i>		0		0	0	0	
<i>E. caerulea</i>		0	0	0	0	0	
<i>E. tricolor</i>		0			0	0	
<i>Bubulcus ibis</i>		0		0	0	0	
<i>Butorides striatus</i>		0	0		0	0	a
<i>Nycticorax nycticorax</i>		0			0	0	
<i>N. violaceus</i>		0				0	
<b>THRESKIORNITHIDAE</b>							
<i>Eudocimus albus</i>						0	
<i>Plegadis chihi</i>					0		
<i>Ajaia ajaja</i>			0				

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RIOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>CICONIIDAE</b>							
Mycteria americana					0		
<b>IV. ANSERIFORMES</b>							
<b>ANATIDAE</b>							
* Dendrocygna bicolor					0		
D. autumnalis		0			0	0	
Cairina moschata					0	0	
* Anas platyrhynchos						0	
A. discors			0		0	0	
A. clypeata					0	0	
Aythya affinis					0	0	
Oxyura dominica				0	0		
<b>V. FALCONIFORMES</b>							
<b>KTHARTIDAE</b>							
Coragyps atratus	0		0	0	0	0	a
Cathartes aura	0		0	0	0	0	a, b, c.

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RIOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>ACCIPITRIDAE</b>							
		0	0	0	0	0	
				0			
				0	0	0	
	0	0		0	0	0	
*				0	0		c, g.
		0		0		0	
				0	0		b, d, e.
				0			d, e.
	0	0	0	0	0		b, c.
				0		0	
				0		0	b, d, e, f.
				0			

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>FALCONIDAE</b>							
Polyborus plancus	0	0	0	0		0	
Herpetotheres cachinnans				0		0	
Falco sparverius				0		0	
F. columbarius		0					d. e.
F. femoralis				0			
F. ruficularis					0		
F. peregrinus				0		0	
<b>VI. GALLIFORMES</b>							
<b>CRACIDAE</b>							
Ortalis vetula				0			
<b>VII. GRUIFORMES</b>							
<b>RALLIDAE</b>							
Rallus limicola						0	
Porphyryla martinica				0	0	0	
* Gallinula chioropus					0		
Fulica americana					0	0	

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>ARAMIDAE</b>							
Aramus guarauna						0	
<b>VIII. CHARADRIIFORMES</b>							
<b>CHARADRIIDAE</b>							
Pluvialis squatarola	0					0	
Charadrius alexandrinus	0						
C. wilsonia	0	0			0		
C. semipalmatus	0					0	
C. melodus	0						
C. vociferus				0	0		
<b>RECURVIROSTRIDAE</b>							
Himantopus mexicanus					0	0	
* Recurvirostra americana					0		
<b>JACANIDAE</b>							
Jacana spinosa				0	0	0	

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>SCOLOPACIDAE</b>							
Tringa melanoleuca						0	
T. flavipes					0	0	
T. solitaria		0			0	0	
Catoptrophorus semipalmatus	0	0			0		
Actitis macularia	0	0				0	
Numenius americanus	0						
Limosa fedoa	0				0		
Arenaria interpres	0						
Calidris canutus		0					
C. alba	0	0					
C. mauri	0						
C. minutilla	0				0		
C. fuscicollis	0					0	
C. melanotos	0						
C. ferruginea	0						
* C. himantopus				0			
Limnodromus griseus						0	
L. scolopaceus						0	
Gallinago gallinago					0		

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>LARIDAE</b>							
Larus atricilla	0	0	0	0	0	0	
L. pipixcan	0	0			0	0	
* L. philadelphia		0					
L. delawarensis					0		
L. argentatus		0					
Sterna nilotica	0	0			0	0	
S. caspia						0	
S. maxima	0	0			0	0	
S. sandvicensis		0			0	0	
S. hirundo	0	0			0	0	
S. antillarum	0						
* Chlidonias niger						0	
Rynchops niger		0			0	0	

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	R I O S RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>IX. CULUMBIFORMES</b>							
<b>COLUMBIDAE</b>							
Columba livia						0	
C. cayennensis						0	g.
C. flavirostris		0	0			0	
Zenaida asiatica				0		0	
Z. macroura				0			
Columbia inca				0			
C. passerina				0			
C. talpacoti				0			h.
Leptotila verreauxi				0			
<b>X. PSITTACIFORMES</b>							
<b>PSITTACIDAE</b>							
* Aratinga nana (=astec)							h.
* Amazona albifrons							h.
A. autumnalis			0				
* A. ochrocephala							h.

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>XI. CUCULIFORMES</b>							
<b>CUCULIDAE</b>							
Coccyzus minor					0		
Playa cayana						0	
Crotophaga sulcirostris				0	0	0	h.
<b>XII. STRIGIFORMES</b>							
<b>TYTONIDAE</b>							
Tyto alba				0		0	
<b>XIII. CAPRIMULGIFORMES</b>							
<b>CAPRIMULGIDAE</b>							
Chordeiler minor				0			
<b>NYCTIBIIDAE</b>							
* Nyctibius griseus						0	

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>XIV. APODIFORMES</b>							
<b>APODIDAE</b>							
* <i>Streptoprocne zonalis</i>						0	h.
<b>TROCHILIDAE</b>							
<i>Anthracothorax prevostii</i>				0			
<i>Amazilia yucatanensis</i>			0	0			
<b>XV. TROGONIFORMES</b>							
<b>TROGONIDAE</b>							
<i>Trogon citreolus</i>				0			
<i>T. violaceus</i>			0				

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RIOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>XVI. CORACIIFORMES</b>							
<b>ALCEDINIDAE</b>							
Ceryle torquata		0	0	0		0	
C. alcyon		0	0	0		0	
Chloroceryle amazona			0				
Ch. americana		0	0	0		0	
<b>XVII. PECIFORMES</b>							
<b>BUCCONIDAE</b>							
Bucco macrorhynchos			0				
<b>PICIDAE</b>							
Melanerpes aurifrons		0	0	0		0	h.
Piculus rubiginosus			0				
Dryocopus lineatus			0	0			
* Campephilus guatemalensis			0				

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>XVIII. PASSERIFORMES</b>							
<b>DENDROCOLAPTIDAE</b>							
Xiphorhynchus flavigaster			0				
Lepicocolaptes affinis			0				
<b>TYRANNIDAE</b>							
* Empidonax sp.				0			
Sayornis phoebe	0						
Pyrocephalus rubinus						0	
Attila spadiceus			0				
Myiarchus crinitus	0	0	0	0			
M. tyrannulus				0			
Pitangus sulphuratus	0	0	0	0	0	0	hi.
Myiozetetes similis		0	0	0		0	
Myiodynastes luteiventris						0	
Tyrannus melancholicus	0	0	0	0	0	0	hi.
T. vociferans	0						h.
T. tyrannus				0			
T. forficatus				0			
T. savana						0	h.
Tityra semifasciata			0				

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>HIRUNDINIDAE</b>							
* Progne subis					0	0	
P. chalybea				0			
Tachycineta bicolor	0	0		0	0	0	h.
T. albilinea		0		0	0	0	h.
Stelgidopteryx serripennis						0	h.
Riparia riparia						0	
Hirundo rustica	0	0			0	0	h.
<b>CORVIDAE</b>							
Cyanocorax morio			0	0		0	h.
<b>TROGLODYTIDAE</b>							
Campylorhynchus zonatus				0	0	0	h.
<b>MUSCICAPIDAE (TURDINAE)</b>							
Turdus grayi						0	h.
T. migratorius				0			

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RIO S RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>MIMIDAE</b>							
Minus polyglottos Dumetella carolinensis				0	0		
<b>MOTACILLIDAE</b>							
Anthus spinoletta				0			
<b>VIREONIDAE</b>							
* Vireo bellii V. olivaceus				0			h.
<b>EMBERIZIDAE</b>							

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCA/RCA	CATEGORÍA ADICIONAL
<b>PARULINAE</b>							
Dendroica petechia		0	0	0	0	0	
D. magnolia			0				
D. palmarum				0	0		
Mniotilta varia			0	0			
Setophaga ruticilla			0				
Seiurus noveboracensis			0				
* Oporornis formosus					0		
Geothlypis trichas				0	0		
* G. poliocephala							
wilsonia pusilla			0	0	0		h.
Icteria virens						0	
<b>THRAUPINAE</b>							
Euphonia affinis							h.
E. hirundinacea			0				
Thraupis episcopus				0			
T. abbas						0	

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>CARDINALINAE</b>							
* <i>Saltator coerulescens</i>							h.
<i>S. atriceps</i>						0	
<i>Cardinalis cardinalis</i>				0		0	h.
* <i>Cyanocompsa parellina</i>				0	0		
<b>EMBERIZINAE</b>							
<i>Pipilo fuscus</i> (accidental)				0			
<i>Sporophila torqueola</i>				0	0	0	h.
<i>Oryzoborus funereus</i>				0			
<i>Sicalis luteola</i>				0			
<i>Melospiza melodia</i> (accidental)					0		

Cuadro 14 (Continuación)

	PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RÍOS RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
<b>ICTERINAE</b>							
<i>Agelaius phoeniceus</i>				0	0	0	
<i>Sturnella magna</i>				0		0	
<i>S. neglecta</i>				0	0		
<i>Dives dives</i>				0		0	
<i>Euphagus cyanocephalus</i>				0			
<i>Quiscalus mexicanus</i>	0	0	0	0	0	0	h.
<i>Icterus spurius</i>				0	0		h.
<i>I. cucullatus</i>			0	0	0		
<i>I. mesomelas</i>						0	
<i>I. gularis</i>			0			0	h.
<i>I. galbula</i>			0	0			

Cuadro 14 (Conclusión)

---

PLAYA PLA	LAGUNA LOS	MANGLAR MAN	DUNAS DUN	PANTANO PAN	RIO S RCO/RCA	CATEGORIA ADICIONAL
--------------	---------------	----------------	--------------	----------------	------------------	------------------------

---

Categorías adicionales de hábitat:

- a. desierto.
- b. bosque decido.
- c. bosque de galería.
- d. bosque de coníferas.
- e. bosque mixto.
- f. alpino.
- g. bosque de latifoliadas.
- h. palmar.
- i. matorral:

\* Especie registrada en la zona, pero no detectada dentro de un transecto.

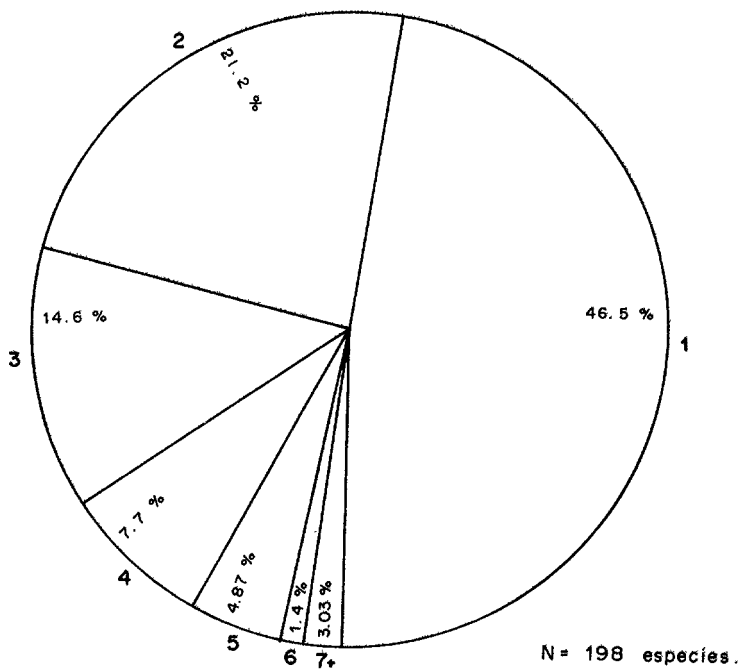


FIG. 5. PORCENTAJE DE ESPECIES QUE OCUPAN DE 1 A 7 Ó MAS AMBIENTES EN LA REGION DE COATZACOALCOS, VERACRUZ.

Calzadas (48 especies o 24.24% del total) se debe de manera importante a la gran diversidad de comunidades vegetales en estas áreas (vegetación arbustiva con más del 70% de cobertura, tular, popal, pastizal, terrenos agrícolas) y a la gran variedad de posibilidades que esto ofrece a la fauna en general.

Conforme se reduzca esta diversidad natural, y ciertos ambientes se fragmenten aún más para dar paso a mayores extensiones de uso urbano, agrícola o ganadero, es muy probable que las especies de aves menos resistentes desaparezcan, y se salven algunas solamente, sobre todo si consideramos los efectos de la contaminación en los ciclos biogeoquímicos y en la productividad primaria y secundaria de la región. El problema es todavía más severo para aquellas especies aparentemente características del manglar. (\*) Hutto (1980:188) halló de 10 a 26 especies de aves terrestres en tres localidades de manglar en Nayarit. Del total reportado por este autor, entre el 50 y el 74% de las especies registradas en este habitat son aves migratorias, mientras que entre el 75 y el 83% de todos los individuos registrados son viajeras invernales.

Si bien la naturaleza de nuestros datos no nos permite generar valores contrastantes, consideramos que por su propio peso justifican la necesidad de exigir que se detenga la destrucción de los manglares, pues todavía ni siquiera se cuantifica su importancia como lugares de reproducción de aves residentes y sitios de invernación o de parada transitoria para las especies migratorias. En este punto conviene aclarar que el concepto de especie migratoria resulta en ocasiones inapropiado, pues la gran mayoría de ellas permanece de hecho en sus cuarteles invernales hasta 9 meses al año y podrían considerarse residente y estacionales.

En los ambientes de pantano y playa el 20% y el 24.2% de las especies no se encuentran en ningún otro ambiente; básicamente se trata de chorlos y playeros (*Scolopacidae* y *Charadrüdae*), aguilillas (*Accipitridae*) y patos (*Anatidae*). Existen consideraciones de tipo ecológico, económico, político y social para conservar los habitats de estas especies y fomentar el estado de sus poblaciones. Su

En este estudio, de un total de 44 especies detectadas en el manglar, 7 corresponden a aves acuáticas, 18 a paserinas y 19 a aves no acuáticas-no paserinas.

valor actual y potencial como indicadores biológicos de deterioro ambiental, controladores de plagas, fuente de alimento, recreación y conocimiento es innegable y ha sido reconocido a nivel internacional, por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES); la Convención Ramsar sobre Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Habitat para Aves Acuáticas; la Convención para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América; la Convención para la Protección de Aves Migratorias y Mamíferos Cinegéticos entre Estados Unidos y México; Bishop, 1980; Temple, 1983, entre otras.

Con el número total anual de especies detectadas en cada ambiente, se elaboró el siguiente gradiente, que indica la importancia relativa de cada zona en función de la cantidad de especies que presenta:

MAYOR NUMERO E > MENOR NUMERO  
DE ESPECIES DE ESPECIES

AMBIENTES: DUNAS>RIOS>PANTANOS>LAGUNA DEL  
OSTION> MANGLAR >PLAYA

Se analizó también cuáles ambientes se caracterizan por mayor porcentaje de especies dependientes de ellos; y se observó la relación siguiente:

MAYOR % DE ESPECIES<----> MENOR % DE ESPECIES  
EXCLUSIVAS EXCLUSIVAS

AMBIENTE: MANGLAR>DUNAS>PLAYA>RIO>  
PANTANO > LAGUNA DEL OSTION

En este caso, el manglar ocupa el primer término, seguido de las dunas y la playa. La complejidad estructural del manglar propicia la existencia de un gran número de especies anima-

les, incluyendo a las aves. Como en otros ecosistemas tropicales primarios, la diversidad de especies delata un alto valor de equitabilidad (elevado número de especies), pero un bajo valor de abundancia, probado por el número relativamente bajo de individuos en cada especie (Tramer, 1969). En buena medida este hecho contribuye a la existencia en el manglar de un fuerte número de taxa especializados ecológicamente. La destrucción de este ambiente costero no sólo afectará a una gran fracción de especies migratorias que invernan en él (*vide* Hutto, 1980); también acabarán por desaparecer especies residentes adaptadas evolutivamente a sobrevivir y reproducirse sólo en este tipo de comunidad.

El alto volumen de especies aparentemente relacionadas con el transecto de dunas debe analizarse de otro modo. Aquí esperamos descubrir especies relacionadas con diferentes tipos de comunidades vegetales: el pastizal, los matorrales espinosos, los islotes de vegetación arbórea de origen tanto primario como secundario y las zonas de cultivo. Algunas especies se asocian más estrechamente con un tipo de comunidad que otras; también es posible que hagan un uso diferencial en más de una comunidad, por ejemplo, que se reproduzcan en el matorral o se alimenten en el pastizal.

Se requiere de un estudio más profundo para determinar qué especies se afectarán con las crecientes modificaciones en este ambiente y de qué manera responderán sus poblaciones. Sería de esperarse que las especies granívoras y algunas insectívoras se vean favorecidas por un incremento en las extensiones de uso agrícola y ganadero; empero, especies que dependen para reproducirse, alimentarse o refugiarse de extensiones relativamente continuas de vegetación arbórea, probablemente desaparecerán del área (Robbins, 1979, 1980 y bibliografía citadas).

De las 33 especies reportadas en el transecto de playa, sólo se observaron ocho en este ambiente: un gaviotín (*Sterna antillarum*), cinco escolopácidos y dos charadridos. A excepción del gaviotín, que es piscívoro, las otras siete especies se alimentan de pequeños invertebrados que buscan entre la arena. El alto grado de contaminación por hidrocarburos predominante en las playas de Coatzacoalcos posiblemente afecta las fuentes de alimento de estas aves playeras (Botello y Páez, 1986; vol. 1 de esta serie).

Muchas especies de estas aves migran de la región ártica

hasta la región austral de Chile y Argentina. Durante este viaje de miles de kilómetros dependen de localidades intermedias para descansar y reabastecerse de energía. Hoy en día, debido principalmente a la alteración de los ambientes naturales, estas importantes áreas de reabastecimiento en el Golfo de México se han reducido considerablemente,<sup>(\*)</sup> y afectan no sólo a nuestros propios recursos naturales sino también a otros de importancia internacional y, por ende, de responsabilidad compartida en su administración y conservación (Myers, *com. pers.*, 1 985).

Por último, si bien aproximadamente 63 de las especies reportadas en el área se registraron en tres o más transectos, no debemos perder de vista que todos los ambientes donde éstos se establecieron están interconectados por la dinámica hidrológica propia de la zona. Por lo tanto, la presencia de una especie en varios ambientes no garantiza su supervivencia. Nuevamente, se requieren estudios más específicos para definir y entender la dinámica de cada especie y su relación con el ambiente. Como casi el 50% de todas ellas parece depender de un solo tipo de ambientes durante su estancia en el área, la estrategia recomendable (si se desea mantener la diversidad de la fauna existente) debe conservar el mayor número de ambientes representativos posible en proporciones adecuadas. Mientras menor es una reserva o zona protegida, mayor es el manejo que requiere para poderse conservar. Es preocupante que a la fecha aún no tengamos en nuestro país el acervo de estudios necesarios para mejorar y conservar con un enfoque ecológico los diferentes tipos de ambientes naturales que poseemos.

<sup>1</sup> Muchas poblaciones están imposibilitadas para cambiar su conducta migratoria y continúan llegando a las zonas de abastecimiento tradicionales, aunque éstas ya no ofrezcan los recursos necesarios para la supervivencia de las aves.

## Consideraciones principales

El presente estudio debe considerarse como una evaluación inicial de la avifauna que habita en los humedales, de la región de Coatzacoalcos-Minatitlán.

1. El inventario de especies que se presenta en el cuadro 1 3 no debe considerarse definitivo. Existen especies de aves que no aparecen en este cuadro, pero que sí se presentan en zonas aledañas. Sin embargo, la mayoría de ellas son más bien características de zonas boscosas. Por lo que a los humedales se refiere, consideramos que especies muy secretivas, crípticas o con densidades muy bajas, se podrán detectar en la zona mediante muestreos más exhaustivos.

Consideramos que este inventario puede servir como referencia a futuras determinaciones. A primera vista, existe una proporción elevada (alrededor del 30%) de especies reportadas en estudios anteriores que no fueron detectadas durante el periodo comprendido entre los meses de abril de 1984 y mayo de 1985. En particular 1 2 especies de *Anseriformes*, todas ellas de importancia cinegética, no fueron registradas durante nuestro estudio.

2. A pesar de las grandes modificaciones que registran los diferentes ambientes en la zona, aún existe un contingente significativo de especies migratorias en la región (39% en promedio). Dentro de este contexto, consideramos importante subrayar lo anotado por Rappole y sus colegas: 78% de todas las especies neárticas migratorias tienen congéneres o conespecíficos que se reproducen en las regiones neotropicales; muy pocas tienen poblaciones invernantes significativas en la región neártica. Una vez que los habitats tropicales de estas especies hayan desaparecido, también desaparecerán las especies, independientemente de la extensión de habitat reproductivo que aún subsista en la zona neártica.

De las 52 especies migratorias que estos autores consideran vulnerables, 1 1 se presentan en Coatzacoalcos. Consideramos importante definir cuantitativamente

el papel que desempeña este contingente migratorio en el área de estudio.

3. Estudios realizados en otras regiones, dentro y fuera del país, han generado una base de datos importantes para las especies migratorias neárticas. Desafortunadamente, son muy limitados los estudios ecológicos sobre especies residentes en México. Desconocemos para muchas de ellas datos tan elementales como el número de huevos que ponen o el tipo de alimento que consumen, y mucho menos de la estructura social o poblacional que presentan.

Se requieren estudios que describan la biología básica de las especies residentes, en particular de sus hábitos alimenticios y reproductivos. Asimismo, hacen falta investigaciones comparativas que permitan determinar los efectos de las alteraciones de hábitat en la biología, la ecología y la supervivencia de estas especies. Reconocemos que el esfuerzo necesario para satisfacer estos requerimientos es abrumador.

4. El manejo actual de los ecosistemas naturales tiende a producir reducciones drásticas en la diversidad estructural florística y faunística de dichos sistemas, reducciones que se reflejan claramente en la disminución de especies de fauna silvestre, en particular de las que dependen en mayor medida de esa diversidad estructural. Pero hay que reconocer que el drenado de los humedales, la tala de los bosques y la labranza de los pastizales puede beneficiar a ciertas especies. La experiencia en este sentido indica que la mayoría de éstas se convertirán en plagas, como es el caso del gorrión inglés, del zanate, de algunas especies de tordos (*Mothrus ater*, por ejemplo), y como lo serán seguramente en breve *Bubulcus ibis*, *Larus delawarensis* y algunas otras especies oportunistas.

En las zonas estudiadas los dos fenómenos de que hablamos son evidentes; desconocemos sin embargo su magnitud. Nuestros datos indican que los transectos de playa y manglar presentan respectivamente el mayor porcentaje de especies migratorias y residentes. Sin embargo, son estos ambientes los que presentan una menor extensión dentro del área muestreada.

5. El manglar, debido a su complejidad estructural y fun-

cional, presenta un elevado valor de prioridad de protección. Las dificultades técnicas y el costo de restaurar este habitat, una vez alterado, son insostenibles. Si se desea mantener este ambiente como integrante de la diversidad ambiental de la región, es imprescindible buscar estrategias para su conservación inmediata. En términos realistas su extensión se encuentra ya muy mermada y su rescate es poco probable. Los núcleos de población que dependen de manera importante de los recursos acuáticos (peces, crustáceos y moluscos) de la laguna circundante (laguna del Ostión) ya resienten decrementos en las cosechas de los mismos. Creemos que ello se debe en parte a la sobreexplotación de éstos, pero también a la manipulación de la dinámica hidrológica de la laguna y a la tala del manglar.

En relación con este problema social, es intrascendente recomendar el monitoreo de poblaciones de especies raras, tales como las que se encuentran en una parte del manglar. Su desaparición no producirá mayor inestabilidad en el ecosistema. Ese efecto será causa más bien de la pérdida de grandes cantidades uniformes de especies muy comunes.

6. El problema del manglar y laguna del Ostión se refleja y magnifica en toda la zona estudiada. El abuso de los ecosistemas, y en nuestro caso de los humedales, no es privativo de México. El 64% de las especies de aves actualmente amenazadas de extinción en el mundo son habitantes de bosques y selvas, casi el 13% se encuentra en humedales. Nuestro país ha otorgado un rudimento de protección a la flora y la fauna de ciertos ambientes boscosos, los humedales prácticamente carecen de protección alguna. El deterioro ambiental en la región de Coatzacoalcos-Minatitlán es tan pronunciado, que nos parece ilusorio proponer zonas de reserva o protección para la fauna silvestre local.

A pesar de todo, existen varias especies que son consumidas regularmente por los habitantes locales.

7. Nos llama la atención el elevado número de especies de rapaces (*Falconiformes* que se registraron en la región. Varias de ellas se reproducen en la zona. Ha sido extensamente documentada la susceptibilidad de estos organismos a los efectos de la contaminación ambiental. Ya

que las especies encontradas presentan diferentes hábitos alimenticios (insectívoros, piscívoros, carroñeros-carnívoros en general), el seguimiento del desarrollo de sus poblaciones, su distribución y abundancia, puede proporcionar elementos para evaluar el estado de salud ambiental de los diferentes humedales y zonas aledañas que habitan.

8. En la actualidad casi no existen ambientes que no se hayan visto alterados en mayor o menor grado, de una forma u otra, por la presencia y actividades del hombre. Sin embargo, las presiones que ejerce nuestra especie sobre los ecosistemas se intensifican día con día, conforme se incrementa el tamaño de la población mundial. Si bien tanto selvas y bosques como desiertos y pastizales están sujetos a esta degradación, los humedales resultan particularmente vulnerables a ella. Es en estos ambientes donde se depositan y concentran todo tipo de desperdicios y desechos, en particular biocidas de origen industrial, agrícola y urbano, que causan un daño ecológico irreparable a la flora y fauna que en ellos habita.

Ha sido ampliamente documentado el papel fundamental que desempeñan los humedales en la continuidad y el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos de nuestro planeta, ciclos de los cuales depende nuestra propia existencia. Con cada eslabón de estos sistemas que nuestra avaricia, nuestra prepotencia, nuestra ignorancia o nuestra indiferencia aniquilan, desaparecen también invaluables e irremplazables posibilidades para nuestra supervivencia, ya no sólo en términos cualitativos, sino también cuantitativos. Ya no es sólo nuestro presente el que se encuentra seriamente amenazado y en peligro de extinción, sino el mañana de las futuras generaciones, y la preservación, sin exagerar, de la especie.



TERCERA PARTE  
LOS IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES  
HUMANAS



# I. LAS BACTERIAS PATOGENAS

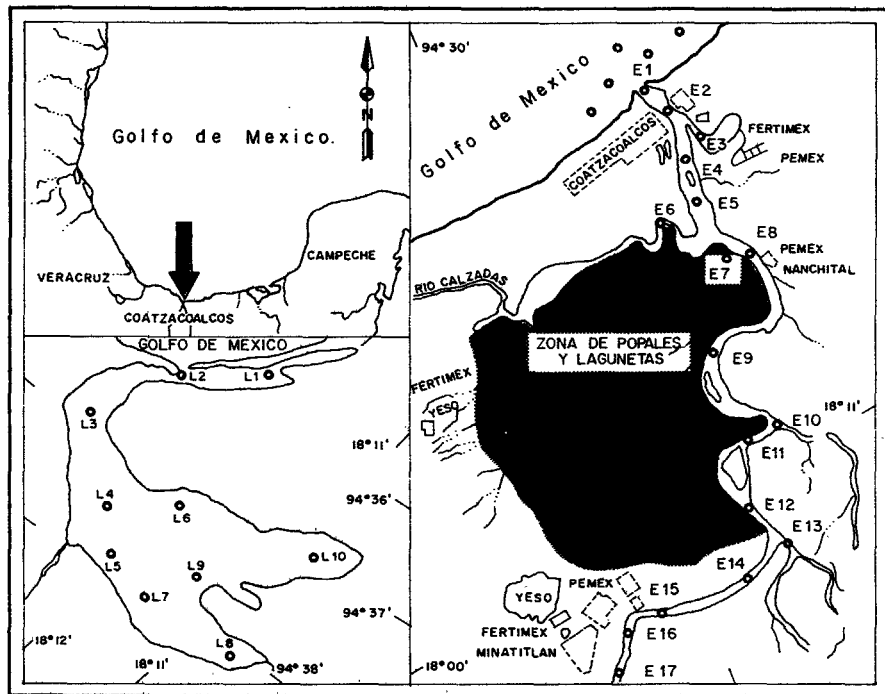
El agua limpia es vital para el ser humano. De su calidad depende su salud, la higiene de sus alimentos y la preservación de la de los sistemas naturales que hacen posible su vida. La presencia de bacterias patógenas indica un alto potencial de infecciones y enfermedades. Es un problema de salud pública que debe ocupar la atención prioritaria de los responsables de los programas gubernamentales y de los diversos sectores de la población. Por esta circunstancia, se plantea en primer lugar el complejo problema de la contaminación bacteriana del agua.

## 1. *Microorganismos*

Los resultados de los análisis de los sedimentos -en el río Coatzacoalcos, indican en la mayoría de las muestras un nivel uniforme de coliformes totales (más de 1,1001gramo) y un nivel variable de coliformes fecales y de estafilococos. Se hace notar la presencia de Salmonella en tres de las muestras y la ausencia completa de *Vibrio* (tabla 1, volumen 1 de esta serie). Se destacan los resultados de los análisis de cinco muestras de agua colectadas en el litoral: se observan poblaciones muy constantes de coliformes totales y de fecales. Respecto a las otras bacterias, llama la atención la existencia de Salmonella en todas las muestras y de *Vibrio sp.* en dos de ellas (tabla 2, vol. 1 de esta serie) mapa 6.

En el segundo muestreo, las nueve estaciones analizadas en el río Coatzacoalcos demostraron la presencia de niveles de coliformes totales más altos (hasta  $2.4 \times 10^3$  por mililitro o por gramo) en aguas y sedimentos (tabla 3, volumen 1 de esta serie). En esta ocasión, estuvieron ausentes las salmonellas y los estafilococos, y apareció *Vibrio parahaemolyticus* en las estaciones 03 y 06.

Se señalan los resultados de los análisis de agua considerada de calidad potable, obtenida de 10 estaciones repre-



MAPA 6. Area de estudio y estaciones de muestreo de La Laguna del Ostión y el río Coatzacoalcos, Veracruz; México.

representativas de la ciudad de Coatzacoalcos. Los niveles de contaminación coliforme fecal fueron superiores a 16 bacterias por cada 100 ml de muestra, y los coliformes fecales fueron muy variables: desde menos de 2.2 hasta más de 16 bacterias por 100, ml. Esta diferencia denuncia tuberías dañadas en la red de distribución de agua en toda la ciudad, o bien que los tratamientos de purificación (clorinación o filtración) no son los adecuados (tabla 4, volumen 1 de esta serie).

Se aprecian los resultados de los análisis de muestras de agua potable colectadas en nueve estaciones, incluyendo en esta ocasión muestras de los pozos Canticas, que surten agua a la población de Coatzacoalcos. Como era de esperarse, el agua de los pozos contiene una cantidad mínima de coliformes fecales (tabla 5, volumen 1 de esta serie).

Los resultados de los análisis de bacterias coliformes (totales y fecales) en muestras de agua y sedimento colectadas en 10 estaciones representativas de la Laguna del Ostión, evidencian un alto grado de contaminación coliforme (tabla 6, volumen 1 de esta serie).

Los resultados de los análisis bacteriológicos de muestras de agua efectuados en agosto de 1983 en las ciudades de Cosoleacaque, Minatitlán y Coatzacoalcos, se presentan en el cuadro 15.

En la red de distribución de Cosoleacaque parece no haber contaminación bacteriana: se detectaron bacterias coliformes únicamente en la muestra de agua obtenida de un garrafón, signo de una contaminación posterior. En Minatitlán, el muestreo de agua dio resultados muy variables de coliformes fecales: hasta de 240 por 100 ml. En Coatzacoalcos, también hay zonas donde el agua está libre de contaminación y zonas donde se determinaron hasta 240 bacterias por 100 ml de muestra: el agua se contamina en algún lugar donde las tuberías probablemente, están defectuosas.

Respecto al río Tonalá, solamente se analizaron cinco muestras de sedimento, y se obtuvieron niveles altos de contaminación fecal; sucedió lo mismo con las muestras de agua, con la diferencia de que se encontró *Salmonella spp.* en dos ocasiones. En Agua Dulce (cuadro 16) solamente se encontraron exentas de bacterias coliformes fecales las muestras de agua procedente de PEMEX, del agua purificada y de la colonia Los Pingüinos. En Las Choapas no se detectó

CUADRO 15

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE MUESTRAS DE AGUA  
Y SEDIMENTOS

COSOLEACAQUE

Muestra	CT	CF	Bacterias
C-1	0	0	
C-2	0	0	
C-3	0	0	
C-4	38	2.2	<i>Escherichia coli</i> tipo I y <i>Enterobacter aerogenes</i> .

MINATITLAN

1	240	2.2	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
25	240	15	<i>E. coli</i> tipo I.
39	0	0	
32	240	240	<i>E. coli</i> tipo I.
35	240	21	<i>K. pneumoniae</i> .
18	240	2	<i>K. pneumoniae</i> .
14	0	0	
10	0	0	
6	240	240	<i>K. pneumoniae</i> .
Playón	38	0	

COATZACOALCOS

1	15	2.2	<i>K. pneumoniae</i> .
2	240	240	<i>Enterobacter cloacae</i> .
3	12	5	<i>Citrobacter spp.</i>
4	21	8.8	<i>K. pneumoniae</i> .
5	0	0	
6	2.2	2	<i>K. pneumoniae</i> .
7	0	0	
8	240	21	<i>K. pneumoniae</i> .
9	0	0	
10	15	2.2	<i>Citrobacter spp.</i>

contaminación coliforme fecal en las muestras de agua precedentes de PEMEX, ni en la colectada en el pozo número 1 "Los Soldados" (cuadro 17). En Nanchital, las muestras de agua de los pozos 1 y 2 no exhibieron bacterias coliformes fecales (cuadro 18) lo cual sí se observó en el resto de las muestras colectadas en la red de distribución; ello revela una contaminación a través de tuberías defectuosas. Finalmente, se analizaron bacteriológicamente muestras de agua colectadas exclusivamente en los pozos activos de abastecimiento de Minatitlán (tabla 13, volumen ) de esta serie), y se comprobó su buena calidad sanitaria, lo cual no sucede con el agua colectada en la red de distribución.

## **2. Esteroles**

Aunque el análisis de metabolitos del colesterol no suplanta la prueba de coliformes, sí provee una herramienta adicional muy práctica para una mejor caracterización de la calidad de agua y una mayor certeza al evaluar la efectividad de un tratamiento de aguas en descargas industriales o domésticas.

La concentración de metabolitos del colesterol en el área del río Coatzacoalcos no es muy elevada. Estos bajos niveles de metabolitos encontrados tal vez puedan explicarse porque hayan desaparecido los esteroides en el ambiente acuático, debido a la biodegradación por microorganismos. Esta decrece cuando se clorinan las aguas residuales, pero en la zona de estudio no existe esa clorinación; por ello la biodegradación ocurre rápidamente, aunque presenta altibajos debido a las variaciones de la concentración de los microorganismos. Los muestreos -hechos uno en la época de secas y otro en la de lluvias- nos revelan, en efecto, una variación estacional en la concentración. Tal vez el aumento en el caudal del río absorbe los esteroides en los sedimentos finos y los remueve del fondo, llevándolos a la boca del río y posteriormente al mar. Esto motivó la realización de un muestreo en la Laguna del Ostión -cuerpo de poca profundidad y sin la dinámica del Coatzacoalcos- con el propósito de convertirlo en referencia, además de la posible importancia que tiene la Laguna como una zona de reserva ecológica y actividades de acuicultura, analizada por otros grupos de trabajo en esta investigación (véase vol. 1 de esta serie).

Los datos obtenidos de la concentración de los metaboli=

**CUADRO 16**  
**MUESTREO DE AGUA EN AGUA DULCE, VERACRUZ**  
**(ABRIL 23, 1984)**

	CT	CF	
Agua de PEMEX almacenada en tinaco Centro Cruz Roja	0	0	K. pneumoniae
Agua de pozo filtrado fábrica de hielo "Alaska".	240	38	K. pneumoniae.
Agua de pozo Callejón Manuel Acopa Col. Alvaro Obregón	38	38	E. Coli.
Agua purificada y filtrada Factoría PEMEX	0	0	
Agua de pozo palettería "La Guadalupeana"	240	2.2	K. pneumoniae.
Agua de garrafón "Ludi" palettería "La Guadalupeana"	38	5	K. pneumoniae.
Agua filtrada "El Oasis" Nanchital N° 371.	2.2	0	
Agua entubada-Insurgentes N° 396, Col. Los Pingüinos.	0	0	
Agua de pozo; restorán "La Pirria".	240	15	E. coli.

CT y CF = NMP/100 ml.

CUADRO 17  
 MUESTREO DE AGUA EN LAS CHOAPAS, VERACRUZ  
 (ABRIL 23, 1984)

	CT	CF	
Agua entubada de la paletería "Amarito"	15	5	<i>K. pneumonia</i>
Agua entubada de la Escuela Antonio Bermúdez	240	38	<i>K. pneumonia</i>
Agua entubada Taller Mecánico atrás de SSA.	8.8	5	<i>E. coli.</i>
Agua entubada cada particular Independencia N° 203.	15	15	<i>K. pneumoniae.</i>
Agua de garrafón "La Nacional" restorán "La Fogata".	0	0	
Agua del tanque de almacenamiento de distribución.	0	0	
Agua entubada casa particular Blvd. México.	5	5	<i>K. pneumoniae.</i>
Agua entubada Col. Huapacal empleados de PEMEX.	8.8	0	
Agua del pozo "Los Soldados"	5	2.2	<i>K. pneumoniae.</i>
Agua entubada de la Superintendencia de PEMEX.	5	0	

CT y CF = NMP/100 ML.

CUADRO 18  
MUESTREO DE AGUA EN NANCHITAL, VERACRUZ  
(JUNIO 6, 1984)

	CT	CF	
Agua entubada colectada en la comandancia.	5	5	<i>E. coli</i>
Agua entubada en Mendoza N° 8; Col. 1° de Mayo.	8.8	5	<i>E. coli.</i>
Agua entubada en México N° 30; Col. Lázaro Cárdenas.	5	5	<i>E. coli.</i>
Agua entubada Super-Pollo Lonchería; Calle 20 de Noviembre.	20	20	<i>E. coli.</i>
Agua del pozo N° 1; Col. Tepeyac.	20	0	
Agua del pozo N° 2, Taller Mecánico; Col. La Noria.	5	0	
Agua entubada en Lázaro Cárdenas N° 86; Col. Cangrejera.	38	4.4	<i>E. coli.</i>
Agua entubada en Tamaulipas N° 8; Centro (parte alta).	96	8.8	<i>E. coli.</i>
Agua entubada en Colonia Obrera N° 14.	12	7.6	<i>E. coli.</i>
Agua entubada en Revolución N° 2.	15	5	<i>E. coli.</i>

CT y CF = NMP/100 ml.

tos del colesterol en la Laguna del Ostión, comparados con los obtenidos en el Coatzacoalcos, nos señalan que la contaminación fecal es mayor que en el río, a pesar de que el asentamiento humano en aquélla es pequeño. La elevada concentración de esteroides puede originarse porque los núcleos de pescadores y sus familias descargan directamente los desechos domésticos en ella. Además, la Laguna no tiene una gran circulación ni alta dinámica, y los metabolitos quedan atrapados en los sedimentos, por lo tanto el tiempo de residencia de los esteroides es mayor en esta área, lo cual es causa de remoción muy baja. Así, la contaminación fecal de origen humano resultó más notable que en el río Coatzacoalcos, con el consecuente riesgo para la salud humana: allí existe una actividad pesquera importante, y la captura se consume localmente o bien en sitios cercanos, El cuadro 19 y las figuras 6 y 7 nos muestran los esteroides encontrados en sedimentos del río Coatzacoalcos y la Laguna del Ostión, así como los cromatogramas de los estándares. Estos corresponden a los siguientes esteroides: Coprosterol, Colesterol, Colestano, Ergosterol, Stigmasterol, Lanosterol y B-Sitosterol.

De éstos, el coprosterol y el colesterol pertenecen al grupo de esteroides que sólo son producidos por el hombre en sus procesos metabólicos y son desechados a través de las heces fecales. Por tanto, la contaminación fecal de las áreas estudiadas es de origen humano, lo cual concuerda con los conteos de bacterias coliformes.

CUADRO 19

ANALISIS DE ESTEROLES EN LOS RIOS COATZACOALCOS, TONALA  
Y LAGUNA DEL OSTION.

LOCALIDAD COMPUESTO	RIO COATZACOALCOS MARZO 1982	RIO COATZACOALCOS JUNIO 1982	LAGUNA DEL OSTION SEPTIEMBRE 1982	RIO TONALA ABRIL 1984	PROMEDIO
Coprosterol	0.070-0.587	0.013-0.634	0.013-2.284	ND	0.460
Colesterol	0.291-7.33	0.054-5.620	0.215-7.594	ND	2.210
Colestano	0.131-2.89	0.147-4.840	0.162-7.114	ND	1.880
Ergosterol	0.026-8.43	0.014-4.480	0.023-4.267	ND	1.800
Stigmasterol	0.031-0.610	0.009-0.329	0.014-1.169	ND	0.240
Laxiosterol	0.069-0.960	0.023-4.259	0.027-1.516	ND	0.70
B-Sitosterol	0.075-0.354	0.011-0.080	0.002-0.159	ND	0.110

ND: No detectado

Se reporta en mg/kg.

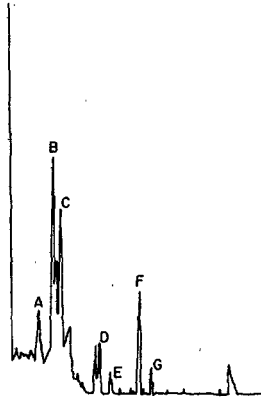


Fig. 6. Cromatograma de los esteroides encontrados en la Estación 26 durante el mes de junio de 1982 en el río Coatzacoalcos.

- A. Coprosterol
- B. Colesterol
- C. Colestano
- D. Ergosterol
- E. Stigmasterol
- F. Lanosterol
- G. B-Sitosterol

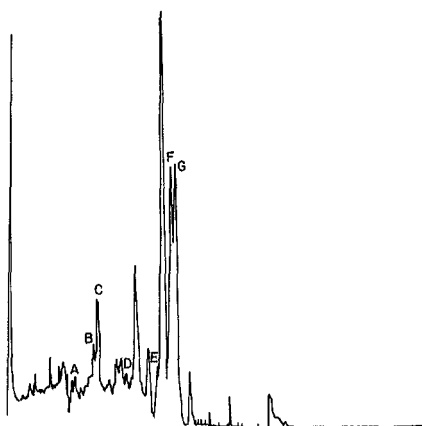


Fig. 7. Cromatograma de los esteroides encontrados en la Estación 02 durante el mes de septiembre de 1982 en la Laguna del Ostión.

- A. Coprosterol
- B. Colesterol
- C. Colestano
- D. Ergosterol
- E. Stigmasterol
- F. Lanosterol
- G. B-Sitosterol

## Consideraciones principales

1. Los análisis microbiológicos sobre muestras de agua, sedimentos y organismos en el área de estudio, evidencian una alta y constante contaminación bacteriana del grupo coli-aerógenos,
2. Se detectó un indicador de contaminación fecal: *Escherichia coli* tipo 1, visto en muestras de agua supuestamente potable colectadas en Cosoleacaque, Minatitlán, Coatzacoalcos, Agua Dulce, Las Choapas y Nanchital. Son importantes también los niveles de estafilococos de las descargas urbanas. 'Aparte, hay *Vibrio parahemolyticus* en sedimentos del río Coatzacoalcos y en aguas del litoral,
3. Los análisis revelaron que la Laguna del Ostión es la más contaminada por bacterias patógenas; le siguen en orden los ríos Tonalá y Coatzacoalcos.
- 4, Se encontraron esteroides en sedimentos del río Coatzacoalcos y de la Laguna del Ostión, pero son mayores las concentraciones en esta última.' Lo que corrobora los resultados de los análisis de microorganismos.



## II. METALES PESADOS

### 1. Toxicidad

Los elementos llamados genéricamente metales pesados, metales traza u oligoelementos, existen en forma natural en concentraciones muy bajas, del orden de microgramo por litro, y en su forma elemental tienen pesos específicos mayores de cinco. La mayoría de los metales pesados que se encuentran en los sistemas biológicos (o los potencialmente tóxicos) son miembros de la familia de los elementos de transición de la tabla periódica, tienen propiedades en común y son altamente reactivos. Algunos de esos metales son esenciales para los seres vivos (por ejemplo, el cobre, el cobalto y el hierro); sin embargo, al aumentar las concentraciones naturales o cambiar su forma química, pueden ser tóxicos (tabla 15, volumen 1 de esta serie). Otros metales, como el plomo, el mercurio y el cadmio, son potencialmente tóxicos en ciertas formas químicas y en concentraciones específicas.

Florence y Batley (1977) señalan que la toxicidad de los metales hacia los organismos acuáticos disminuye en el siguiente orden: mercurio, plata, cobre, cadmio, zinc, plomo, cromo, níquel y cobalto; hay excepciones a esta escala. Los metales iónicos utilizados en los sistemas biológicos tienen que ser relativamente abundantes en la naturaleza y disponibles como especies solubles; algunos elementos (como el aluminio y el titanio) son virtualmente no disponibles debido a la baja solubilidad de sus hidróxidos. Además de la disponibilidad de los metales para los organismos, la toxicidad de éstos depende también de otros factores: la presencia de otros metales que ocasionen un sinergismo o antagonismo en su efecto; factores físico-químicos del agua (temperatura, pH, potencial redox, oxígeno disuelto, salinidad, luz, materia orgánica) y los factores biológicos: especie, sexo, tamaño, edad, actividad, estadio de vida, habitat.

Respecto a la salud humana y la contaminación por metales pesados, con excepción de la enfermedad de Minamata en Japón, existe poca evidencia de que los alimentos de origen marino hayan causado alguna forma permanente de envenenamiento por metales. Sin embargo, la gente que vive cerca de zonas estuarinas o costeras asociadas con la industria excede fácilmente los límites tolerables de metales en su cuerpo. Las evidencias epidemiológicas advierten que las enfermedades relacionadas con la contaminación por metales pesados sólo aparecen después de una larga exposición a estos elementos (Bryan, 1976).

Los elementos tóxicos más importantes en términos de efectos sobre los sistemas biológicos naturales del medio acuático son el mercurio, el cobre, el plomo, el zinc, el níquel y el arsénico. El mercurio es un elemento altamente tóxico para los seres terrestres y para la vida acuática, y se distribuye en muy amplia escala en el medio ambiente.; Al igual que otros metales pesados tóxicos, se acumula en los organismos, donde se mantiene durante largos periodos y actúa como veneno acumulativo. Se utiliza en muchos procesos industriales y puede llegar al medio acuático como material de desecho o conducido por la atmósfera. Los compuestos de mercurio se utilizan como plaguicidas, especialmente para combatir ciertos hongos en la agricultura, y como blanqueador en la industria de la pasta y el.papel; también se emplea como elemento tóxico en pinturas anticorrosivas.

Las sales inorgánicas de mercurio son tóxicas, pero más aún lo son algunos de sus compuestos orgánicos. En el medio acuático, por medio de la actividad bacteriológica, el mercurio se convierte en mercurio metílico, el cual puede ser acumulado por los peces o los crustáceos y es sumamente tóxico para los seres humanos.

El plomo es otro ejemplo de metal pesado tóxico, altamente distribuido en el medio marino. Por muchos decenios se le ha añadido en forma de tetraetilo de plomo, como antidetonante en la gasolina. El plomo, |0 mismo que los demás contaminantes transportados por la atmósfera, puede ser llevado a grandes distancias de su origen y depositado en forma de partículas o disuelto en las lluvias que caen sobre el mar.

Los otros metales pesados tóxicos son también potencialmente peligrosos para el medio ambiente, y aunque no han tenido todavía una repercusión análoga a la del mercurio, no

es posible ignorarlos. Es preciso retener algunos efectos tóxicos de estas sustancias, a fin de ponderar adecuadamente los resultados que se obtuvieron en nuestras investigaciones:

### Plomo (Pb)

Este metal es no-esencial para los seres vivos; sin embargo, está presente en todos los tejidos y órganos de los mamíferos. El plomo es un veneno acumulativo, que en condiciones normales es retenido en un 90% en el esqueleto, y su efecto en el metabolismo puede no detectarse. Afecta la permeabilidad de la membrana de riñones, hígado, gónadas y células cerebrales, y ocasiona hemólisis y destrucción de esos tejidos. Los efectos por el envenenamiento con plomo se manifiestan en la enfermedad conocida como saturnismo (Fórstner y Wittman, 1979; Bakus, 1980). No se comprueba aún si el plomo precipitado y depositado sobre los sedimentos es nocivo para los peces (Bakus, 1980).

### Mercurio (Hg)

Es un metal no-esencial y altamente tóxico para los seres vivos. Aun en bajas concentraciones, el mercurio y sus compuestos son potencialmente nocivos por la magnificación en la cadena trófica. Todas las formas del Hg pueden ser convertidas a metil-mercurio (CH<sub>3</sub>-Hg) por las bacterias, y ésta es la forma más tóxica. El envenenamiento con CH<sub>3</sub>-Hg causa un daño neurológico no específicamente identificado, con daños principalmente en el cerebelo y las vías sensoriales, como lesiones en la corteza cerebral del hombre (Fórstner y Wittman, 1979; Bakus, 1980).

Conocido es el caso de la Bahía de Minamata en Japón, donde la gente que consumía pescado y mariscos de la región sufría progresivamente debilitamiento muscular, pérdida de la vista, desequilibrio de funciones cerebrales y en algunos casos parálisis y muerte. Más de 10 años después de intensivos estudios se descubrió que la enfermedad de Minamata se ocasionaba por ingerir productos marinos contaminados con metil-mercurio.

## **Cadmio (Cd)**

Elemento no-esencial cuyas propiedades químicas son intermedias al zinc y el mercurio. Altera el metabolismo, es capaz de sustituir más del 30% del calcio en los huesos, afecta el tracto respiratorio, causa inflamación de riñones y degeneración de grasas en el hígado. En los peces disminuye la capacidad de sobrevivencia de las larvas de algunas especies (Fórstner y Wittman, 1979; Bakus, 1980).

## **Cobre (Cu)**

Este es un elemento esencial para los seres vivos que actúa a nivel enzimático en el metabolismo. La toxicidad o la deficiencia de éste en los animales depende de interacciones con otros elementos traza como molibdeno y zinc, sin los cuales el cobre no actúa en el metabolismo ni aumenta su efecto tóxico. La ingestión excesiva de cobre provoca su acumulación en el hígado, y aunque no hay efectos muy bien definidos, se han observado dermatitis, irritación de los ojos y del tracto respiratorio (Fórstner y Wittman, 1979; Bakus, 1980).

## **Cromo (Cr)**

Es uno de los metales menos tóxicos, y en general los mamíferos pueden tolerar concentraciones relativamente altas en su cuerpo. El plomo hexavalente ( $\text{Cr}^{+6}$ ) es cien veces más tóxico que las sales de cromo ( $\text{Cr}^{+3}$ ), y puede ocasionar corrosión de las membranas mucosas, cáncer en los pulmones y úlcera. Sin embargo, en el mar el cromo se encuentra en su mayor parte como  $\text{Cr}^{+3}$ , y la acidez estomacal reduce el  $\text{Cr}^{+6}$  a  $\text{Cr}^{+3}$ .

## **Zinc (Zn)**

Este es un elemento esencial que se encuentra en abundancia en el cuerpo humano. Es generalmente de baja toxicidad en la vida acuática, aunque algunas especies son sensibles a leves concentraciones de zinc. El resultado de pruebas de laboratorio señala que el metabolismo humano puede ser afectado (balance mineral y enzimático), especialmente en niños

y pacientes que sufren de metabolismo irregular. Las emanaciones de zinc en la atmósfera pueden ocasionar daño a los pulmones.

### **Cobalto (Co) y Níquel (Ni)**

Estos elementos son esenciales para el metabolismo de los seres vivos, y al parecer no tienen efectos tóxicos en el ambiente acuático. En los humanos el contacto con el cobalto puede causar dermatitis; el níquel puede producir dermatitis y cáncer de nariz y pulmones.

### **Fierro (Fe) y Manganeso (Mn)**

Estos elementos son más abundantes en la naturaleza que los anteriores; también existen en el metabolismo de los seres vivos. En general, no parecen tóxicos.

## *2. Concentraciones en sedimentos y organismos*

La estimación de las concentraciones de metales pesados en el área de estudio se efectuó determinando las cantidades existentes de éstos en los sedimentos y organismos. Además de la importancia relativa como aportadores naturales de metales, los sedimentos son acarreadores de los metales de origen industrial que se encuentran en forma disuelta o coloidal en el agua. Las arcillas, las partículas más finas del sedimento, pueden absorber sobre su superficie iones metálicos y así acarrearlos hasta los estuarios. Una vez allí, gran parte de la fracción arcillosa de los sedimentos se deposita a causa de sus propiedades cohesivas y de los efectos químicos que ocasionan los factores ambientales del estuario, a saber: salinidad, potencial redox, oxígeno disuelto, pH, temperatura. Así, los elementos metálicos atrapados en los sedimentos de un estuario quedan accesibles a los organismos y disponibles para los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan la continuidad de los ciclos biogeoquímicos.

La evaluación de metales pesados en los organismos, especialmente de los filtradores como los moluscos-bivalvos (ostiones, almejas, mejillones), se emplea frecuentemente como índice del estado de salud de los estuarios; durante los

últimos veinte años los países de Europa y los Estados Unidos utilizan tales especies como medidores de contaminación ambiental.

Si los metales desechados a un estuario llegan a ser tóxicos para los sistemas biológicos, el efecto es evidente en la disminución de las poblaciones de organismos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las concentraciones de elementos tóxicos son subletales: no matan a los organismos, pero probablemente les ocasionan trastornos en el metabolismo, en la reproducción, en la conducta y otras partes de su sistema. Los efectos en las poblaciones son detestables a largo plazo; mientras tanto los metales se acumulan en la cadena trófica, hasta llegar inadvertidamente al hombre. No se conocen con amplitud los efectos de dosis subletales en los organismos, pues existen muchos parámetros tanto biológicos como ambientales que se deben considerar en los bioensayos. Asimismo, considérese la diversidad de metales y estados químicos de éstos. Por lo tanto, este aspecto merece ser investigado más a fondo, sobre todo por sus trastornos a largo plazo en los recursos pesqueros.

### **3. Las concentraciones en los sedimentos:**

#### *Del río Coatzacoalcos*

Las concentraciones de materia orgánica encontradas varían entre 1.1 y 8.5%. Evidentemente, los sedimentos más gruesos presentan las concentraciones más bajas; la muestra de la estación 09, que se encuentra río arriba de Minatitlán, es la de menor concentración de materia orgánica y mayor concentración de oxígeno en sus sedimentos (mapa 1). Asimismo, tal estación presenta las concentraciones más bajas de metales, tanto totales como "no detríticos"; por ello se le considera como punto de referencia, aunque la disimilitud de tamaño de grano de los sedimentos y la composición mineralógica. pueden influir determinadamente en la concentración de los metales (cuadro 20).

Las concentraciones de la fracción disponible, con excepción del cobre, son todas más altas que las de la estación 09. De los diferentes tipos de textura explorados, las arenas son las más útiles para evaluar el impacto de los metales pesados en las diferentes secciones del río; así, se encontró

CUADRO 20

CONCENTRACION DE METALES PESADOS Y MATERIA ORGANICA PARA DIFERENTES TIPOS DE TEXTURA EN LOS SEDIMENTOS DE LOS RIOS COATZACOALCOS Y TONALA Y LAGUNA DEL OSTION, VERACRUZ. MEXICO.

CONCENTRACION EN PPM (Fe Y MATERIA ORGANICA EN %)																	
	Ni		Co		Cu		Zn		Pb		Cr		Cd		Fe		M.O.
	Total	Biodis	Total	Biodis	Total	Biodis	Total	Biodis	Total	Biodis	Total	Biodis	Total	Biodis	Total	Biodis	
<b>RIO COATZACOALCOS</b>																	
Arena	22	1.6	17	2.7	14	0.5	47	8.3	29	2.9	44	1.6	1.09	0.17	2.53	0.74	2.7
Arena limosa	43	2.8	23	4.1	23	0.2	87	10	40	5.4	85	3.0	1.73	0.33	4.47	0.61	5.2
Limo-arenoso	48	3.2	29	4.3	44	0.2	118	17	55	5.9	93	5.7	2.11	0.43	5.11	1.30	8.4
Limo	35	2.7	20	2.8	21	0.2	117	19	39	5.7	71	3.4	1.62	0.27	3.68	0.69	6.9
Limo-arcilloso	42	3.1	25	4.7	35	0.5	108	25	51	6.3	90	6.9	2.10	0.38	5.20	0.86	6.8
Arcilla-limoso	50	4.4	26	4.5	39.0	0.6	131	41	73	10	107	11	2.14	0.61	4.16	0.85	8.4
<b>LAGUNA DEL OSTION</b>																	
Arena	28	4.2	22	10	7.0	0.2	32	4.9	7	1	59	1.9	0.4	-	2.95	0.16	2.4
Arena-Limo-arcillosa	62	3.0	57	11	61.0	0.3	80	6.8	7	1	200	1	0.4	-	6.04	1.44	8.9
Arena-arcillosa	85	2	49	6.3	70.0	0.4	91	8.4	7	1	305	3	0.4	-	6.40	0.84	7.8
Limo-arcilloso	44	4.6	40	12	25.0	0.2	68	13	7	1	101	4.6	0.4	-	3.40	1.16	5.6
Arcillo-arenoso	48	4.6	40	11	35.0	0.3	61	9.7	7	1	119	5.1	0.4	0.42	4.32	1.13	6.1
Arcilla-Limo-arenosa	56	2	40	8	72.0	0.3	69	10	7	1	175	2	0.4	0.31	3.26	0.95	10.7
Arcilla Limosa	64	2.5	33	5	58.0	0.3	78	9.1	7	1	165	1	0.4	0.39	3.95	0.65	10.3
<b>RIO TONALA</b>																	
Arena	25	-	13	-	7.0	-	30	-	1	-	1	-	1	-	0.84	-	1.5
Limo	120	-	17	-	29.0	-	105	-	1	-	1	-	1	-	1.5	-	3
Limo-arcilloso	142	-	52	-	24.0	-	70	-	1	-	1	-	1	-	1.6	-	2
Arcilla Limosa	195	-	22	-	43.0	-	76	-	1	-	1	-	1	-	1.2	-	2

que para todos los metales analizados (excepto Hg) las estaciones localizadas en La Bocana fueron las que presentaron los niveles más elevados; después estuvieron las localizadas frente a Minatitlán. Las de más bajas concentraciones fueron las arenas de la estación 09 en la parte media del estuario y las de la 17, localizada río arriba (fuera de la población de Minatitlán). En general, jerarquizando la biodisponibilidad de los metales, obtenemos el siguiente orden:

Zn(35.1 %) > Fe (31.5%) » Cd (28.9%) > Co(22.3%)

Pb(19.1%) > Cr(16.8%) > Ni(9.2%)

Todas las concentraciones de metales totales y no-detríticos se incrementan con el contenido orgánico y la disminución en el tamaño de grano.

#### *De la Laguna del Ostión*

Los porcentajes de materia orgánica determinados en los sedimentos superficiales de la laguna varían de 1.3% (estación 03) a 11% (estación 05); esta última se halla cerca de pequeños poblados de pescadores como el Jicacal y Pajapan. Las estaciones 07 y 08 tienen los niveles de materia orgánica más altos de toda la laguna; a excepción de la estación 01, con un 9.6%, influye en estos valores el tipo de sedimento que existe allí; así, la estación 05, con el nivel más alto, presenta a su vez el tipo de sedimento más fino (lodo) con el 88.06% de toda la laguna; la excepción a esta regla es la estación 07, con 8.9% de materia orgánica en un tipo de sedimento arenoso; sin embargo, el contenido del material fino (57.84%) es mayor que el porcentaje de arena, lo que hace suponer que el material orgánico queda acumulado en la fracción lodosa (cuadro 20).

Al presentarse altas concentraciones de materia orgánica en las estaciones 01, 05 y 08, éstas son las más afectadas; por tanto, se evidencia que hay poca capacidad para oxidar la materia orgánica presente en los sedimentos, debido al aporte de los pueblos aledaños a la laguna. La estación 01 exhibe dichos niveles de material orgánico como resultado de los fenómenos de floculación y precipitación de los materiales en suspensión que lleva la laguna, los cuales surgen

ahí donde se mezclan las aguas dulces de la laguna con las saladas del mar. Este fenómeno ha sido bien estudiado (Sholkovitz, 1976), pues mucho material transportado por las aguas dulces se deposita en los fondos de la zona estuarina o la zona de mezcla de la laguna. El tamaño gráfico promedio (Mz 4) de los sedimentos varía de 2.58 a 7.67 para las estaciones 10 y 05, respectivamente; para la desviación estándar (S0) va de 1 .59 en la estación 10 a 3.86 en la estación 09 (cuadro 20).

Los rangos anteriores demuestran que existe para cada tipo de sedimento una clasificación bien definida, excepto para el arcilloso-limoso de la estación 08 y para el arcilloso. El Mz es menor a los valores esperados, debido tal vez a que el porcentaje total de lodo es mayor que para las arenas. El tipo predominante de sedimentos en la Laguna del Ostión son arenas presentes en cuatro de las diez estaciones muestreadas, siguiendo el tipo arcilloso-limoso (cuadro 20). El grado de uniformidad existente es muy amplio, ya que el rango de desviación estandar es mínimo.

Los resultados acerca de los metales pesados fueron los siguientes: la estación 09 contiene las más altas concentraciones de todos los metales, a excepción de] Cu, que en' la estación 05 alcanza 75 ppm, y el Co: en la estación 07, con 57 ppm. Las altas concentraciones de Fe, principalmente en la estación 09, se deben a que, si bien poco comunes, existen minerales ricos en este metal, muy estables en condiciones sumamente variables de oxidación; en este caso los suelos cercanos a la Laguna son lateríticos, ricos en Fe. Así, las partículas superficiales del suelo acarreadas hacia la Laguna quedan depositadas en el fondo. Para el Pb y Cd no se obtuvo concentraciones arriba del límite de detección: 1 0 ppm para el Pb y 1.0 ppm para el Cd (cuadro 20). Para el Mn, no se analizaron las muestras por haberse contaminado el estándar.

En orden jerárquico los porcentajes generales sobre la biodisponibilidad de los metales pesados, de los siguientes:

Co (39.1 % estación 10» > Fe (33.9% estación 04) >

Zn (28.8% estación10) > Ni(27.0% estación 10)

El Co mostró el mayor porcentaje para la estación 10, que presenta los mayores porcentajes tanto de Co, Zn y Ni. Existe una mayor disponibilidad de Co, Fe, Zn y Ni para los organismos acuáticos, aunque las concentraciones de metales totales son bajas en esos puntos.

Por la conformación geográfica de la Laguna (cuerpo casi cerrado y muy somero), la renovación de las masas de agua es muy lenta, y por ello es más vulnerable a la presencia de los contaminantes. Por lo anterior, aunque las concentraciones de metales totales son altas, no por ello son totalmente disponibles para los organismos; tampoco éstos las llegan a asimilar en sus tejidos, y por lo tanto son más tóxicas. Por ejemplo, la estación 05 muestra la mayor concentración de metales totales y no aparece en el porcentaje de biodisponibilidad. Mientras la 10 se ubica lo más lejos de los poblados de la zona y de la boca de la laguna, tiene un tipo de sedimento arenoso y un relativamente bajo porcentaje de materia orgánica; presenta por eso el mayor porcentaje de disponibilidad de metales.

Las concentraciones más bajas de todos los metales totales se dan en las estaciones 02 y 03; estos valores son los esperados, debido a la ubicación de éstas cerca de la desembocadura de la laguna y con una baja profundidad, así como al tipo de sedimento predominante (arenas) y al bajo contenido de materia orgánica. Por estos valores y por las relaciones de los metales con el material orgánico y el tamaño de partículas sedimentarias, se corrobora una tendencia en la Laguna: la de aumentar la concentración de los metales pesados al disminuir el tamaño del sedimento y al crecer el contenido del material orgánico. En suma, la concentración de los metales pesados es inversamente proporcional al tamaño del grano sedimentario y directamente proporcional al contenido de materia orgánica.

### *Del río Tonalá*

Las concentraciones obtenidas de carbono orgánico en los sedimentos del Tonalá, varían de 0.32 a 5.8%. Este rango se produce porque los sedimentos de grano grueso tienen porcentajes más bajos en contenido de materia orgánica y viceversa; así las concentraciones de carbono orgánico son altas en sedimentos de material fino (arcillas y limos).

Las estaciones 00, 01 y 07 contienen un porcentaje de **arena de** 71.4, 94.8 y 91.8%, respectivamente. Se localizan dichas estaciones cerca de la boca del río. Estos porcentajes se deben a que en ellas hay un arrastre y flujo de corriente, que impide una alta sedimentación y retención de materia orgánica y partículas finas sedimentarias. La estación 11 ofrece una situación diferente al patrón establecido a lo largo del río: tiene un alto porcentaje de arena (80.4%) y contiene el porcentaje más alto de carbono orgánico de todo el río: 5.8% (cuadro 20).

Las concentraciones detectadas de metales pesados en todo el trayecto del río, tienen variaciones significativas, y en comparación con las áreas muestreadas se observa que los valores más altos corresponden a las estaciones 02, 03, 05, 08, 09, 11 y 12, zonas donde se ubican industrias petroquímicas y petroleras. Ahí son muy significativas las concentraciones de Ni, cuyas descargas al medio ambiente acuático incrementan de manera singular los volúmenes naturales de este metal. En tanto, las estaciones 00, 01, 04 y 07 presentan las concentraciones más bajas de los metales analizados. Por lo tanto, las zonas críticas en el Tonalá son las estaciones 02, 03, 05, 08, 09, 11 y 12. Existe una tendencia general de los metales pesados a incrementar su concentración de acuerdo con el aumento del contenido de carbono orgánico y el decrecimiento de la fracción del sedimento.

### ***Comparación con otras regiones***

Generalizando, las concentraciones de los metales analizados no son significativamente altas si se les compara con otros lugares, como California (Bruland *et al.*, 1974), Bahía de Chesapeake (Goldberg *et al.*, 1978) y Lago Michigan (Goldberg *et al.*, 1981), entre otros. Sin embargo, es dudosa la validez de una comparación si no se considera el carácter textura) de los sedimentos. Por tal motivo, se compararon los datos de este trabajo con los de sedimentos de otros lugares con su carácter textura) equivalente. Los niveles de Zn, Pb, Cr y Cu de Los Angeles Harbour (Lu y Chen, 1977) y Narraganset Bay, son mucho mayores que cualquiera de los cuerpos aquí estudiados (tabla 17, volumen 1 de esta serie).

Cd y Fe aparecen más altos en los sedimentos de Coatzacoalcos; aun así, sus valores son comparables a los de Laguna Chautengo (Páez Osuna *et al.*, 1984), área no afectada por actividades externas a ella. Por su parte, el cobalto existe en concentraciones ligeramente mayores en Laguna, del Ostión que en el estuario de Coatzacoalcos, río Tonalá y Laguna de Chautengo. Las concentraciones de Ni en los sedimentos se produjeron en orden de mayor a menor como sigue: río Tonalá, Laguna del Ostión, Laguna Chautengo, río Coatzacoalcos y, en menores concentraciones, las regiones de Los Angeles y Narraganset Bay. Notablemente, las concentraciones en el Tonalá superan tres veces o más a las de Laguna de Chautengo en México o los sedimentos de la Bahía Narraganset Bay y el puerto de Los Angeles, EUA.

*Mercurio.* Debido a la gran importancia ambiental del mercurio, en este estudio se realizó un análisis de diagnóstico sobre las concentraciones del mismo en los sedimentos del área del río Coatzacoalcos. Los resultados se compararon con los obtenidos previamente por otros grupos de investigación (Ochoa *et al.*, 1972 y 1976).

De las 15 muestras analizadas, solamente cuatro presentaron niveles detectables de mercurio: en orden ascendente, éstas fueron las colectadas en el Pantano de Santa Alejandrina (0.062 ppm), en Tiradero Complejo Pajaritos (0.078 ppm), en Arroyo Teapa (0.153 ppm) y la más alta en el estero del Arroyo San Francisco (0.209 ppm). Todos estos sitios corresponden a las cercanías donde son vertidos directamente desechos provenientes de las industrias cercanas al Coatzacoalcos. De igual manera y como lo proponen diversos autores (Cranston y Buckley, 1972), existe una clara correlación directa entre la concentración de mercurio y el contenido de carbono orgánico y el tipo de sedimento: aquélla es mayor en sedimentos con alto contenido de material orgánico y con tamaño de partícula más fino (limos y arcillas).

Las concentraciones determinadas son comparables con las obtenidas por Bainbridge *et al.*, (1973) para sedimentos recientes del río Red Cedar en Michigan, donde los autores determinan un rango de concentraciones de 0.04 a 0.40 ppm (peso seco), pero sensiblemente menores a las reportadas por Ochoa *et al.*, cuyos valores promedio de concentra-

ciones fueron de 1.407 y 0.585 ppm, respectivamente (Ochoa *et al.*, 1976).

Aunque en niveles bajos, la sola presencia del mercurio representa un daño potencial para los organismos del área y para el hombre mismo: al ser vertido al medio ambiente, de inmediato hay incorporación a cadenas tróficas, y aunque no existe un acuerdo sobre los niveles de mercurio tóxicos para el hombre y otros organismos, pues cada país fija los límites permisibles según sus leyes ambientales, un hecho claro es que los únicos compuestos peligrosos para la salud humana son los de alquil mercurio, dentro de los cuales los de metilmercurio son los más tóxicos. La falta de control y regulación sobre el vertimiento de éste y otros metales hace que la zona de estudio se considere como área crítica, dada la concentración de metales pesados: "los valores más altos del contenido estomacal y animal entero se aproximan peligrosamente a los fatales de Minamata (Ochoa *et al.*, 1976). Puede, por lo tanto, hablarse de una seria contaminación por mercurio dentro del estuario del río Coatzacoalcos, especialmente hacia su margen este, *área que debía ser inmediatamente vedada a todo tipo de pesca*". En suma, desde 1976 se alerta sobre el riesgo del mercurio y sus efectos en los ecosistemas tropicales del sureste mexicano, a los cuales no se presta atención.

#### **4. Las concentraciones en los organismos**

##### *De la Laguna del Ostión*

Los organismos acuáticos de la Laguna aún no rebasan un nivel permisible de toxicidad. Las concentraciones de Cu, Zn, Fe y Mn son altas en los organismos bentónicos, principalmente en los de hábitos filtradores, como almejas y ostiones y en algunos crustáceos como las jaibas; para los peces, los niveles detectados son bajos. Las concentraciones de Ni son altas en todos los casos, y se da una bioacumulación de este metal en el músculo (cuadro 21).

La [acumulación de](#) los metales pesados en los sedimentos se refleja en el contenido del metal en los organismos, principalmente en los de vida bentónica, con hábitos filtradores: al consumir detritus, también ingieren material fino del sedi-

mento, y por ello aumenta la concentración de los metales en las diferentes partes del organismo, que los bioacumula por efecto de la remoción de éstos a través de procesos biogeoquímicos. Los ostiones y las almejas denuncian las concentraciones más altas de los metales pesados, en tanto que los valores obtenidos para los peces son bajos con respecto a los organismos bentónicos. Además, en la columna de agua las concentraciones de metales son muy bajas: debido a su solubilidad tienden a sedimentarse, y sólo se detectan iones metálicos, como sales, a modo de complejos o unidos a otros elementos.

Los niveles de Cu son similares para los ostiones (*Crassostrea virginica* y *Crassostrea rhizophora*) en concentraciones altas. Con respecto a los peces (*Gerres cinereus*, *Centropomus undecimalis*, *Diapterus olisthostomus*, *Eugerres plumieri*) no se detectó concentración alguna, por lo que la absorción del Cu no ocurre en niveles detectables, o bien el metal es de inmediato movilizado de los organismos nectónicos por procesos metabólicos. Además, puede enmascararse el funcionamiento por la interacción del cobre con otros metales, como el Zn y el Mo.

Sin embargo, existe quizás cierto nivel de bioacumulación de Cu por parte de los organismos bentónicos: son altas las fluctuaciones encontradas en los sedimentos del río, con concentraciones que van de 1 .1 a 90.4 ppm. Los ostiones tienen un promedio de 48.8 ppm y se hallan dentro del rango detectado para los sedimentos del río. Varía mucho la distribución de estos elementos en los organismos. Por ejemplo, los niveles de Ni y Cr son altos para los ostiones y almejas.

El Ni ofrece niveles altos en todos los casos, a excepción del robalito (*Centropomus undecimalis*) con 5.6 ppm; hay una importante bioacumulación en ostiones y almejas. Sin embargo, las altas concentraciones de Ni no parecen tener efectos tóxicos en los organismos acuáticos. Segar, *et al.* (1971) encontró una extraordinaria concentración de Ni de 850 ppm en el gasteropodo *Crepidula fornicata*, sin reportar alteraciones en dicha especie.

Las concentraciones de Cr se detectaron únicamente para la almeja (*Mercenaria campechiensis*), con 50 ppm, volumen alto, pero que no afecta al organismo, el cual puede tolerar concentraciones de 100 a 300 ppm. Levine (1961 )

apuntó un valor de 144 ppm en la ascidia *Eudistoma ritteri*. El cromo es un nutriente esencial para los organismos vivos (National Academy of Sciences, 1974), y se acumula en la biota acuática y marina en niveles mucho más grandes que en la columna de agua. Pearson and Vertrees (1961) determinaron que el Cr es el menos tóxico de los metales pesados en el medio ambiente acuático: algunas especies toleran concentraciones altas cuando aparecen en forma de cromo trivalente. Sin embargo, otros autores (Rosas, 1984) infieren que la bioacumulación y bioconcentración del Cr lo hacen ser muy tóxico, sobre todo en su estado hexavalente.

Debido a las condiciones de la Laguna, libre de industrias y zonas petroquímicas que pudieran afectar los niveles de concentración de los metales pesados en el ecosistema, las concentraciones de los elementos se consideran como propias de los organismos acuáticos que habitan esa zona. Sólo hay un alto contenido de níquel, quizá de origen antropogénico, el cual, al ponerse en contacto con la Laguna, se acumula en los sedimentos.

Concentraciones de metales tóxicos para los organismos (Pb y Cd) no pudieron detectarse en ninguna de las especies analizadas; tal vez la Laguna está libre de esos metales en niveles detectables. Por consiguiente, si se promedian los niveles de metales detectados en los organismos, aquéllos se dan en el siguiente orden:

Bivalvos: Ni (113 ppm) > Zn (109 ppm) > Fe (105 ppm) >  
Mn 193 ppm) > Cu (49 ppm).

Peces: Fe (72 ppm) > Ni (51 ppm) > Zn (33 ppm)

Crustáceos: Fe (94 ppm) > Ni (70 ppm) > Mn (59 ppm)  
Zn (38 ppm) > Cu (4 ppm).

El Ni es el elemento de mayor concentración para los organismos bivalvos. Pero, tomando a los ostiones como especies separadas de las almejas, el Zn es el metal de mayor concentración, lo que corrobora lo enunciado por Schlske (1964), según el cual el Zn es el metal pesado que más tienden a bioacumular los ostiones, con un promedio de 141 ppm. Para los peces y crustáceos las concentraciones más altas fueron de Fe y Ni.

## Del río Coatzacoalcos

Los resultados de las concentraciones de metales en los organismos del río son muy bajos con respecto a los detectados para la Laguna del Ostión (cuadro 21 ). El Coatzacoalcos es un sistema fuertemente influido por las actividades humanas e industriales; aun así, sólo se detectaron concentraciones de metales pesados esenciales para la fisiología de los organismos acuáticos, en cantidades mínimas o no detectables, como en los casos del Cu, Zn, Fe y Mn (cuadro 21 ).

Se pueden proponer dos hipótesis para explicar las concentraciones relativamente bajas en el Coatzacoalcos: la primera, que los organismos no toman del medio los metales potencialmente disponibles; la segunda, que no existen concentraciones disponibles en las aguas de esos metales debido también a la dinámica del sistema estuarino. Esto último parece apoyarse en los resultados de metales descubiertos en los sedimentos, muy similares a los de Laguna Chautengo. Al igual que en la Laguna del Ostión, los niveles de los metales pesados en los organismos son mayores en los de hábitos bentónicos y menores en los organismos nectónicos de la zona, conforme a factores metabólicos y fisiológicos propios de las especies.

El mayacaste grande (*Macrobrachium carcinus*) contiene la mayor concentración de Cu de todos los organismos analizados en Coatzacoalcos: 80.2 ppm. El menor contenido de Cu en los organismos bentónicos fue encontrado en la almeja chica (*Polymesoda caroliniana*) con 6.5 ppm. En cambio, en los peces no se detectó ninguna concentración, excepto en la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) con 5.4 ppm. La absorción de los metales pesados en los peces es un proceso muy pasivo, principalmente el Cu, el cual depende de la cantidad concentrada de Zn (Korringa, 19 52). Los niveles de Zn son muy bajos en todos los organismos, salvo en los bentónicos, los cuales exhiben concentraciones más elevadas, sin duda relacionadas con las funciones metabólicas de estas especies.

Las concentraciones de Fe van de 7.10 a 213.9 ppm en los distintos organismos analizados: ronco blanco (*Bairdiella ronchus*), mojarra rayada (*Eugerres plumieri*), mayacaste chico (*Macrobrachium carcinus*), sábalo (*Tarpon atanticus*), mojarra (*Cichlosoma meeki*) de río Colorado, las cuales dela-

tan el contenido más bajo de Fe. la biodisponibilidad de los metales pesados en los organismos es muy variable; por ejemplo, el Mn se da con altas concentraciones en la almeja grande (*Rangia flexuosa*): 148.4 ppm; en cambio la jaiba (*Callinectes bocourti*) contiene la más baja concentración, con 6.7 ppm; en los peces sólo se detectó en la mojarra negra (*Cichlosoma fenestratum*) de río San Antonio, y en ronco amarillo (*Conodon nobilis*), con concentraciones de 18.9 ppm en ambas especies. La bioacumulación de los metales pesados lleva una secuencia en la concentración detectada en los distintos organismos:

Bivalvos: Mn > Fe > Zn > Cu

Peces: Fe > Mn > Zn > Cu

Crustáceos: Zn > Fe > Cu

Solamente el mayacaste (*Macrobrachium carcinus*) ofreció una bioacumulación significativamente alta de Cu (80.2 ppm) con relación al resto de los metales. La diferencia de los niveles de Fe en los tejidos de los distintos organismos sugiere la presencia de porfirinas relacionadas con este metal en acción rápida en el músculo estriado. Por este papel fisiológico del Fe, no es sorprendente que existan altas concentraciones en los ostiones y las almejas; en los peces el metabolismo de dicho metal no está en relación fisiológica con su bioacumulación.

La capacidad de la sangre para enlazar el Mn y producir una concentración favorable en el gradiente, está en íntima relación con procesos bioquímicos y fisiológicos de la especie, y sólo se nota su existencia en la jaiba (*Callinectes bocourti*) con 59 ppm y en la almeja (*Mercenaria campechensis*) con 93 ppm.

Con respecto al Zn, se produjeron concentraciones altas en las dos especies de ostiones (*Crassostrea virginica* y *Crassostrea rhizophora*) con 144 y 138 ppm, respectivamente. Schlske (1964) demostró que los ostiones tienden a bioacumular el Zn, y consideró posiblemente que éste es importante en algunos sistemas bioquímicos. El orden de enriquecimiento anterior puede explicarse por la secuencia tan similar encontrada en los sedimentos de los metales disponibles pa-

CUADRO 21

CONCENTRACION DE ALGUNOS METALES PESADOS EN ORGANISMOS COLECTADOS EN EL SISTEMA FLUVIAL-ESTUARINO DEL RIO COATZACOALCOS Y LAGUNA DEL OSTION, VERACRUZ, MEXICO.

LAGUNA DEL OSTION

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	Cu ppm	Ni ppm	Cr ppm	Zn ppm
Ostión	<i>Crassostrea virginica</i>	38	84	< 2	144
Ostión	<i>Crassostrea rhizophora</i>	59	147	< 2	138
Almeja	<i>Mercenaria campechiensis</i>	< 1	110	50	41
Jaiba	<i>Callinectes bocourti</i>	4	70	< 2	38
Trompeta	<i>Gerres cinereus</i>	< 1	45	< 2	64
Robalito	<i>Centropomus undecimalis</i>	< 1	6	< 2	< 2
Mojarra blanca	<i>Diapterus olisthostomus</i>	< 1	78	< 2	36
Mojarra rayada	<i>Eugerres plumieri</i>	< 1	26	< 2	< 2

Cuadro 21 (Conclusión)

## RIO COATZACOALCOS

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	Cu ppm	Zn ppm
Mojarra	<i>Cichlasoma mecki</i>	< 1	17
Mojarra	<i>Cichlasoma mecki</i>	< 1	14
Mojarra negra	<i>Cichlasoma fenestratum</i>	< 1	16
Mojarra negra	<i>Cichlasoma fenestratum</i>	< 1	2.4
Mojarra rayada	<i>Eugerres plumieri</i>	5	66
Ronco amarillo	<i>Conodon nobilis</i>	< 1	1.7
Ronco amarillo	<i>Conodon nobilis</i>	< 1	18
Ronco blanco	<i>Bairdiella roñchus</i>	< 1	13
Sábalo	<i>Tarpón atlanticus</i>	11	12
Ratón	<i>Menticimhus americanus</i>	< 1	19
Lebrancha	<i>Mugil curema</i>	< 1	14
Almeja chica	<i>Polimesoda caroliniana</i>	6.4	56
Almeja grande	<i>Rangia flexuosa</i>	17	31
Mayacaste chico	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	53	55
Mayacaste grande	<i>Macrobrachium carcinus</i>	80	75
Jaiba	<i>Callinectes bocourti</i>	39	66

ra la biota; tienen éstos la siguiente secuencia: Zn > Fe > Cd > Co > Pb > Cr > Ni. Como se ve, los dos metales de mayor biodisponibilidad para la biota acuática son Zn y Fe, coincidentemente los que más acumulan organismos del estuario de Coatzacoalcos.

### *Comparación con otras regiones*

Con el objeto de comparar los niveles del contenido metálico de los organismos bivalvos, se hizo la tabla donde se cotejan las concentraciones con las de otras zonas ya estudiadas (tabla 17, vol. 1 de esta serie). Se puede observar de dicha tabla lo siguiente:

a) Tanto el Zn como el Cu son ;mayores en las especies del ostión de la costa estadounidense que en la Laguna del Ostión. Esto es mucho más evidente para el Zn.

b) El Ni y el Fe tienen en cambio más altas concentraciones en los ostiones de la Laguna, que los valores de las costas del Atlántico estadounidense (esto es mucho más notable para el Ni, el cual es en promedio unas cien veces mayor).

c) *Mercenaria campechiensis*, comparada con *Mercenaria mercenaria* de la costa atlántica norteamericana, resulta tener concentraciones más altas en Zn, Fe y Ni. En este último la concentración es cuatrocientas veces más alta.

## *Consideraciones principales*

1. Las estaciones con más metales potencialmente biodisponibles en el estuario de Coatzacoalcos son 00, 02, 05, 08 y 23; casi todas se localizan en La Bocana. Solamente 08 se halla río arriba, cerca de la refinería de Minatitlán.
2. Considerando los porcentajes de metal disponible para la biota, se verificó en el estuario el siguiente orden:

$Zn > Fe > Cd > Co > Pb > Cr > Ni > Cu.$

3. En los sedimentos del río Tonalá, en Laguna del Ostión y en el estuario de Coatzacoalcos, se anotó una fuerte tendencia a asociar las concentraciones de cada uno de los metales y el contenido de material orgánico con el tamaño del grano sedimentario más fino.
4. Las concentraciones de metales en los sedimentos de las tres áreas estudiadas ofrecen valores comparables, con excepción del Ni, el cual se produjo en mayores proporciones en el río Tonalá y en la Laguna del Ostión que en el estuario del Coatzacoalcos.
5. Considerando los porcentajes de metal biodisponible para la laguna, se obtuvo el siguiente orden:  $Co > Fe > Zn > Ni$ .
6. Cuando se comparan los niveles de concentración de los metales pesados del área estudiada con el carácter (textura) equivalente de los sedimentos de otras regiones, surgen las siguientes observaciones: a) Cd y Fe es comparable a regiones aparentemente no afectadas por contaminación, por ejemplo: Laguna de Chautengo, en México; b) Zn, Pb, Cr y Cu son inferiores en sus concentraciones a las de las áreas influidas por las actividades del hombre, por ejemplo, Narraganset Bay y Los Ángeles Harbour y c) Las concentraciones de Ni de los sedimentos del Tonalá y la Laguna del Ostión, son mucho mayores a las reportados en áreas con actividades antropogénicas o sin ellas.
7. De todos los organismos colectados (crustáceos, peces y bivalvos) en Laguna del Ostión y en el estuario Coatza-

coalcos, los bivalvos muestran las más altas concentraciones de los metales que se pudieron cuantificar.

8. Del total de organismos colectados en el estuario de Coatzacoalcos, se describió el siguiente orden de bioacumulación:

Bivalvos:  $Mn > Fe' > Zn > Cu$

Peces:  $Fe > Mn > Zn > Cu$

Crustáceos:  $Zn > Fe > Cu$

Esta secuencia concuerda con la descubierta en los porcentajes de metal disponible para la biota, indicados en el inciso 2.

9. Al comparar las concentraciones de algunos metales medidos en *Crassostrea virginica* de la Laguna del Ostión y de la costa del Atlántico estadounidense, se encontró que: a) Tanto Zr1 como Cu son inferiores en el ostión de la laguna mexicana; y, en cambio b) Ni y Fe tienen más altas concentraciones; el Ni llega a ser hasta más de cien veces superior en los ostiones de la Laguna que en los de las costas norteamericanas.
10. En los organismos de la Laguna del Ostión se obtuvieron las siguientes secuencias en el grado de concentración de metales pesados:

Bivalvos:  $Ni > Zn > Fe > Mn > Cu$

Peces:  $Fe > Ni > Zn$

Crustáceos:  $Fe > Ni > Mn > Zn > Cu$

Estos valores concuerdan con porcentajes de metales pesados en los sedimentos de esta laguna; los biodisponibles para la biota se asemejan a esta secuencia.

11. Cuando se comparan las concentraciones de Zn, Fe y Ni de la almeja *Mercenaria campechiensis* de la Laguna del Ostión con la almeja de la costa del Atlántico *Mercenaria mercenaria* la primera exhibe concentraciones más altas en Zn, Fe y Ni; en este último es más evidente la superioridad.

### III. HIDROCARBUROS FOSILES

Los efectos que sobre la biota marina ejercen los grandes derrames de petróleo, así como el uso de dispersantes, han sido ampliamente publicados y documentados. Sin embargo, muy poco se conoce sobre los efectos biológicos y fisiológicos resultantes de la contaminación por hidrocarburos provenientes del petróleo en aguas costeras o sistemas estuarinos.

Paradójicamente, la ciencia de nuestros días también ha logrado acumular la información necesaria para demostrar los hechos siguientes: a) las áreas costeras y estuarinas reciben la mayor parte de los hidrocarburos vertidos al ecosistema marino por obra de actividades humanas; b) son más susceptibles y sensitivas a la contaminación por petróleo que las áreas de océano abierto; c) la zona costera es mucho más productiva que las oceánicas localizadas en la misma latitud. De ahí se desprende su considerable importancia económica.

Estos tres hechos capitales, unidos a los notables desarrollos de los complejos portuario-industriales dedicados al almacenamiento, al procesamiento y al transporte de los hidrocarburos en el mundo, han atraído la atención de la comunidad científica hacia el análisis de los impactos de las actividades petroleras sobre los ambientes costeros y, en particular, los sistemas fluviales.

Para el caso de la región del río Coatzacoalcos se utilizaron muestras-de sedimentos, y para los estudios sobre el manglar se colectaron hojas de mangle. Se utilizaron a algunas herramientas adicionales, como la composición isotópica del carbono y el nitrógeno, como indicadores de la contaminación por petróleo.

## *1. Los sedimentos como dispositivos de vigilancia de la contaminación*

Con base en numerosos estudios y principalmente en los de Forstner y Wittman (1979), se acepta de manera general la utilidad de los sedimentos marinos o sus propiedades texturales o sus componentes químicos para localizar, evaluar y cuantificar en tiempo y espacio la magnitud y la dispersión de contaminantes en ambientes estuarinos costeros y oceánicos. Sin embargo, el desarrollo de modelos predictivos de vigilancia de contaminantes a partir de la geoquímica sedimentaria depende en gran medida de la capacidad humana para interpretar la interacción entre complejas variables ambientales. En los últimos veinte años, varios estudios intentan de hecho comprender los factores físico-químicos que controlan la disposición y el destino de sustancias de origen natural o antropogénico; aquéllos se apoyan principalmente en minuciosas técnicas analíticas, útiles para la determinación precisa de constituyentes inorgánicos y orgánicos presentes en sedimentos.

Sus características geoquímicas hacen de los sedimentos un valioso dispositivo de vigilancia frente a problemas de contaminación; pues tales sedimentos constituyen el más grande y estable depósito y recurso para la existencia de una amplia variedad de elementos orgánicos e inorgánicos en el ambiente marino. Así, por ejemplo, los constituyentes de los sedimentos marinos representan material que en sus fases disueltas y particuladas provienen de los recursos terrestres, atmosféricos y oceánicos. De igual manera, los métodos selectivos físico-químicos se han perfeccionado hasta el punto de que es posible la partición de compuestos orgánicos e inorgánicos en aportes detríticos y no-detríticos. Esto permite deducir las vías de entrada y el destino de los elementos, así como la biodisponibilidad y toxicidad de los mismos hacia la biota.

Generalmente se acepta que las fases detríticas llegan a los sedimentos en forma de partículas sólidas y que la concentración de un metal en esta fracción se deriva de sus características, de su estado de oxidación, de la cantidad de minerales sulfurosos que contenga y finalmente de sus compuestos insolubles. Estos minerales se transportan como partículas de grano fino y se depositan con otro material

detrítico de tamaño y rango sedimentario semejantes. Una excepción se presenta cuando materiales ricos en metales -como los provenientes de los desechos mineros e industriales- se descargan directamente en las áreas estuarinas o en la plataforma continental, dentro de ambientes sedimentarios fuera de equilibrio ante la textura y las propiedades del material de desecho. Estos aportes "no-detríticos" constituyen usualmente la porción biogeoquímica más pequeña y más importante de los sedimentos. También se considera que los contaminantes reales o potenciales en esta fase son más fácilmente disponibles hacia la biota y constituyen su más grande peligro letal o subletal cuando se presentan en altas concentraciones. Esto último ocurre particularmente cuando los contaminantes aparecen en formas químicas que los organismos puedan remover selectivamente y bioconcentrar, tanto en los sedimentos como en la materia particulada existente en la columna de agua.

Los principales rasgos físico-químicos que convierten a los sedimentos en dispositivos para la vigilancia de la contaminación son los siguientes:

1. Se hallan en sitios apropiados para la colección o deposición de contaminantes: en su mayoría, las áreas industrializadas del mundo se asientan en las márgenes costeras y a lo largo de los principales ríos, y la mayor parte de los aportes antropogénicos en forma disuelta o particulada llegan a los océanos a través de los ríos o descargas oceánicas. Los puntos de entrada al ambiente marino son usualmente los estuarios, que así se convierten en los principales receptáculos para desechos sólidos o líquidos de fuentes industriales, domésticas o agrícolas.

Según observaciones científicas, complejos procesos biogeoquímicos afectan la conducta de los contaminantes cuando entran en contacto con el medio estuarino. En la práctica, una amplia variedad de las sustancias que entran a los estuarios, incluidos contaminantes reales o potenciales, se asocia con materia particulada de grano fino, de tal manera que su conducta y su destino se determinan por la dinámica sedimentaria. Esto es particularmente importante para sistemas estuarinos

como los pantanos, regidos principalmente por el aporte antropogénico y el rango de mareas.

2. Así, bajo condiciones apropiadas, los sedimentos o ciertas fracciones texturales de los mismos pueden emplearse como dispositivos de vigilancia para la contaminación. Por su parte, la deposición de constituyentes naturales o antropogénicos que con el tiempo se han mezclado, nos proporcionan, con la ayuda de núcleos de sedimentos fechados, una historia geocronológica de aportes antropogénicos. En ciertas circunstancias, los datos del núcleo nos auxilian para la evaluación de la respuesta a lo largo del tiempo de un ambiente particular a cierto tipo de contaminación, así como la variación de la misma conforme al volumen del aporte.
3. La degradación microbiana del petróleo es mucho menor en los sedimentos que en la columna de agua, y a esto contribuyen varios factores: cuando el petróleo se derrama en la columna de agua presenta un área superficial grande, con lo cual se facilita el ataque microbiano, mientras que en los sedimentos se acumula como una delgada película o membrana con una área superficial mucho menos efectiva; esto último reduce la velocidad de biodegradación. Por lo demás, la parte superior de la membrana sedimentaria es un área altamente dinámica; gracias a ello y a la intensa actividad de la epifauna y la infauna del fondo, la parte superior de los sedimentos se mezcla constantemente, proceso denominado "bioturbación". Como fruto inmediato del mismo, el petróleo se incorpora paulatinamente a los sedimentos, donde el rango de degradación decrece considerablemente a causa de la reducida actividad bacteriana. Consecuentemente, los sedimentos actúan como reservorios de los desechos petroleros y de otros contaminantes.
4. De igual manera, en sitios con una incesante actividad petrolera, como el área Coatzacoalcos-Minatitlán, el aporte de las descargas petroleras hacia los sedimentos excede considerablemente al proceso de degradación microbiana y da como resultado una acumulación paulatina de estos productos en la columna sedimentaria. Esto se advierte por las elevadas concentraciones de los hidrocarburos cuando se analizan núcleos de sedi-

mentos (Blumer y Sass, 1972; Rudling, 1976; Macko *et al.*, 1981; Botello y Macko, 1984).

- 5 Mediciones cuidadosas de algunos constituyentes asociados a los sedimentos nos pueden proveer de sistemas de alarma frente a niveles peligrosos de contaminación, antes de que se tornen evidentes los cambios en la concentración de los contaminantes o en la biología de las especies que habitan esas áreas.
- 6 Los sedimentos son el habitat natural y la fuente alimenticia para muchas especies de organismos, las cuales pueden ser afectadas de manera directa por efectos de la contaminación.

Por ello, en contraste con el empleo de la biota como sistema de vigilancia para problemas de contaminación, los sedimentos ofrecen las siguientes ventajas: a) nos proveen de información más precisa sobre la distribución local o regional de contaminantes y su fuente de aporte hacia el medio marino; b) son el mejor medio para asegurarnos de datos susceptibles de compararse en un amplio intervalo de tiempo y de condiciones, especialmente en áreas con fuertes variaciones ambientales y biológicas, como los estuarios; c) proporcionan muestras más adecuadas y más fáciles de reproducir, analizar e interpretar que la biota, gracias a su amplia variabilidad en composición de especies y su gran dependencia ante la fisiología y la dinámica de la población. Igualmente, los niveles de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en sedimentos son más fáciles de determinar e interpretar que los presentes en la biota o la columna de agua.

Sin embargo, una revisión crítica del empleo de los sedimentos como sistemas de vigilancia, revela algunos problemas y desventajas: a) los niveles de contaminantes reales o potenciales en los sedimentos son algunas veces el fruto de una compleja interacción y transformación, previas al momento en que el contaminante se incorpora finalmente a los sedimentos; b) en algunas áreas, la alternativa entre la deposición y la erosión de los materiales sedimentarios origina una fragmentación en el registro geológico. De igual manera, en áreas de alta deposición (como los pantanos) la mezcla biológica o "bioturbación" puede enmascarar la historia deposicional de los contaminantes; c) los sedi-

mentos generalmente no concentran contaminantes en el mismo grado con que lo hace la biota; de esa manera, algunas veces resulta difícil determinar o detectar aportes antropogénicos a cierta distancia de su fuente de origen.

### *Composición isotópica del carbono*

La medición de las variaciones en la composición isotópica del carbono ( $S^{13}C/^{12}C$ ) se emplea como una herramienta de gran ayuda en diversas disciplinas científicas, como la geoquímica de los elementos, el estudio del origen del petróleo, la fisiología vegetal, la oceanografía. También es útil para determinar los hábitos alimenticios de los organismos en algunos ecosistemas naturales, así como para medir o indicar la contaminación orgánica (Craig, 1953; Silverman y Epstein, 1958; Abelson y Hoering, 1961; Degens, 1969; Calder, 1976; Fry, 1977; Botello y Macko, 1982).

Durante los últimos 25 años se han publicado numerosos trabajos sobre la abundancia relativa de los isótopos de algunos elementos químicos, principalmente el carbono, nitrógeno y azufre. El conocimiento de las variaciones de la abundancia relativa de los isótopos de un elemento en materiales orgánicos es provechoso para evaluar los ciclos geoquímicos y bioquímicos a través de los cuales pasa dicho elemento (Craig, 1953). El carbono se ha empleado satisfactoriamente en este tipo de investigación, gracias a su importancia bioquímica y geoquímica, además de la relativa facilidad de la técnica analítica. Ahora bien, la proporción de los dos isótopos de carbono más abundantes ( $^{13}C/^{12}C$ ) es aproximadamente 0.01 (Wedepohl, 1970). Por razones técnicas los resultados de los análisis siempre se reportan en valores ( $\delta$ ), que equivalen a la desviación relativa por mil de la muestra, con referencia a un estándar (PDB Belemnita de Chicago, Craig, 1953) a partir de la siguiente fórmula:

$$\delta^{13}C_{\text{‰}} = \frac{(^{13}C/^{12}C)_{\text{muestra}} - (^{13}C/^{12}C)_{\text{estándar}}}{(^{13}C/^{12}C)_{\text{estándar}}} \times 1000$$

En su mayoría, los estudios sobre la composición isotópica del carbono orgánico en el medio marino se han hecho prin-

cialmente en sedimentos y organismos de regiones cercanas a la costa del Golfo de México, en especial aquella región perteneciente a los Estados Unidos, de la cual Sackett y Thompson (1963) reportan valores para  $\delta^{13}\text{C}$  de -27.0‰ en sedimentos provenientes de ríos y de -19.0‰ en sedimentos oceánicos del Golfo de México. Este trabajo fue sin duda el primer estudio sistemático de la composición isotópica del carbono sobre sedimentos estuarinos de las costas de Alabama y Mississippi.

Parker (1964) anota datos de  $\delta^{13}\text{C}$  en vegetación y organismos marinos, así como de material orgánico sedimentario proveniente de Redfish Bay, Texas, con valores que van de -6.0‰ a -17.0‰; en tanto que Calder (1971) encuentra valores para  $\delta^{13}\text{C}$  de -19.0‰ a -20.5‰ en sedimentos de la plataforma continental desde el río Mississippi hasta el sureste de Florida. Recientemente, Gearing *et al.* (1977) determinaron valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en sedimentos de la margen continental del Golfo de México, desde la desembocadura del río Mississippi hasta Veracruz.

Por lo general, la proporción del carbono isotópico tiende a mantenerse con valores muy constantes (Sackett, 1964), y cualquier alteración implica probablemente un cambio notable en la composición de la fuente del carbono orgánico. De los diferentes reservorios naturales de carbono orgánico, el petróleo crudo y los gases naturales tienen los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  más negativos (Calder y Parker, 1968). En la mayoría de los petróleos, el  $\delta^{13}\text{C}$  cae en el rango de -31.0‰ a -21.0‰, en tanto que los gases naturales van de -47.0‰ a -32.0‰. Los valores del material orgánico de origen terrestre se superponen con los registrados para el petróleo crudo y presentan un rango de -28.0‰ a -21.0‰.

Puesto que el petróleo crudo tiene una composición isotópica de carbono muy característica y muy vinculada con los materiales orgánicos de aportes terrestres y marinos, su proporción isotópica ha sido de gran ayuda para estudios de exploración, formación o diagénesis del petróleo, así como un excelente indicador de la contaminación derivada del petróleo (Fuex, 1977; Silverman, 1967; Calder y Parker, 1968; Macko *et al.*, 1981; Botello y Macko, 1982; Botello, 1982).

Laguna del Ostión, el Bajo Coatzacoalcos y el Tonalá.

La relación de hidrocarburos aromáticos/saturados para el caso de Laguna del Ostión tiene un valor promedio de 1.09, similar a la relación 1 :1 para tales compuestos en lagunas costeras.

En el Coatzacoalcos dicha relación aumenta a valores de 1.67, lo cual implica ya un ligero dominio de los compuestos aromáticos sobre los saturados. Y como la mayoría de este tipo de compuestos no puede ser biosintetizada por los organismos, su origen en los sedimentos es de tipo antropogénico: debido principalmente a las descargas de plantas petroquímicas y otras industrias relacionadas con el petróleo, las cuales operan en dicha área. Asimismo, las concentraciones de hidrocarburos totales en el citado río exceden desde 3 a 26 veces los valores normales para áreas costeras "no contaminadas" (NAS, 1975).

Del análisis de las concentraciones de hidrocarburos totales para los tres muestreos hechos en el Coatzacoalcos, se nota que en relación al primer muestreo de marzo de 1982, solamente las estaciones 01, 09 y 00 exhiben valores equiparables con sedimentos no contaminados: denuncian una concentración entre 30 y 100 ppm que según Burns y Teaj (1971), Blumer y Sass (1972) y NAS (1975) corresponde a zonas inalteradas. En tanto, las estaciones 15 a 23 delatan concentraciones que rebasan en mucho las consideradas para sedimentos no contaminados (tablas 20 a la 22, vol. 1 de esta serie).

En febrero de 1983 las estaciones 01 y 09 -que antes presentaban valores entre 30 y 100 ppm- mostraron 392 y 988 ppm, respectivamente: en un año la concentración se multiplicó 4 y 11 veces respectivamente, lo que habla en forma alarmante del impacto de las actividades humanas y geoquímicas del área, estas últimas gobernadas principalmente por tres procesos: disolución, remoción, y sedimentación, cuadro 23. De acuerdo con ello, las actividades antropogénicas alteran altamente la zona de estudio: las estaciones analizadas muestran valores desde los 89 hasta los 2,623 ppm.

En las estaciones 00, 01, 02, 03, 04, 05, 07, 17, 19, 21 y 23, la concentración de hidrocarburos aromáticos excede el valor de la n-parafina; en algunos casos la diferencia es muy notoria, como en la estación 5, donde las n-parafinas

CUADRO 23

CONCENTRACIONES DE HIDROCARBUROS FOSILES EN  
SEDIMENTOS RECIENTES DEL RIO COATZACOALCOS  
(FEBRERO, 1983)

ESTACION	Saturados $\mu\text{g/g}$	Aromáticos $\mu\text{g/g}$	Totales $\mu\text{g/g}$
01	208.0	184.0	—
02	—	—	—
03	137.0	42.0	179.0
04	356.0	357.0	713.0
05	596.0	508.0	—
06	113.0	41.0	—
07	186.0	69.0	255.0
08	1562.0	1061.0	2623.0
09	760.0	228.0	988.0
10	828.0	582.0	1410.0
11	125.0	85.0	—
Valor Promedio	487.09	315.7	802.8

apenas alcanzan las 465 ppm, contra 1,075 ppm de los aromáticos; sin duda este sitio puede ser un lugar de descarga y, por ende, de introducción de petróleo en el área de muestreo. En las estaciones 06, 08, 15, 16, 18 y 22 los valores de las n-parafinas son apenas ligeramente mayores que los compuestos aromáticos, y por lo tanto los valores más altos se presentan en zonas de descarga fija o de intensa actividad petrolera; por otro lado, los valores más bajos (estaciones 01, 00 y 09) se localizan en la boca del estuario y en la parte posterior de Minatitlán, respectivamente. Estas áreas, poco contaminadas, pueden servirnos de referencia para el análisis de las concentraciones totales.

De esta manera, los valores más altos de hidrocarburos determinados a lo largo del Bajo río Coatzacoalcos coinciden con sitios de intensa actividad industrial. La estación 02, localizada frente a Puertos Libres Mexicanos; la 23, en la Laguna de Pajaritos, frente al complejo petroquímico del mismo nombre; la 08, frente a la refinería de Minatitlán; la 16, en el mismo trayecto, cerca de la estación anterior; la 19, en la boca del río San Antonio; y la 21, frente al pueblo de Nanchital, y como una repetición de la 05: todas ellas coinciden, ya sea con lugares de descarga u operación de actividades petroleras o bien con sitios donde se ha derramado o introducido petróleo de manera continua.

Con relación a la presencia y los niveles de hidrocarburos aromáticos, sólo algunos de estos compuestos orgánicos se producen por ciertos microorganismos, y su elevada concentración en los sedimentos del Coatzacoalcos denuncia un proceso de contaminación crónica por rutas antropogénicas (Farrington y Quinn, 1975; Bravo *et al.*, 1978; Neff, 1979; Farrington, 1983).

En cuanto a la concentración de hidrocarburos totales registrados para la Laguna del Ostión y el río Tonalá, se observa una baja muy notable en las muestras de la Laguna del Ostión, con valores promedio de 154 y 85 ppm para los dos muestreos realizados (octubre de 1982 y marzo de 1983); en tanto, para el río Tonalá estas concentraciones se elevan casi en 10 veces, con un valor promedio de 1,148 ppm en el muestreo de agosto de 1983; éste es también considerablemente mayor a los valores promedio del Coatzacoalcos, los cuales fueron de 457 ppm en marzo de 1982, 780 ppm en junio de 1982 y de 802 ppm en febrero de 1983. La ele-

vada concentración de hidrocarburos totales en el Tonalá está en vínculo directo con las actividades petroleras practicadas en sus márgenes desde hace varias décadas, principalmente por las petroquímicas de "La Venta" y "Cinco Presidentes" lugares donde se obtuvieron las más elevadas concentraciones de hidrocarburos fósiles del Tonalá: 1,794 y 1,829 ppm, respectivamente.

En la Laguna del Ostión las concentraciones se mantuvieron bajas y muy estables, y el predominio de hidrocarburos saturados aromáticos es muy claro, lo cual revela que, en su mayoría, los hidrocarburos en los sedimentos recientes de esta laguna son de origen biogénico, producidos naturalmente a través de biosíntesis por microorganismos y organismos de ese ecosistema. Las aseveraciones anteriores se confirman con los resultados de los análisis correspondientes a los hidrocarburos disueltos/dispersos, cuya concentración en la columna de agua es inversamente proporcional a su concentración en los sedimentos recientes (tabla 23, volumen 1 de esta serie). Sus valores promedios son de 8.75 ppb para el Coatzacoalcos, 11.8 ppb para el Tonalá y 18.4 ppb para la Laguna del Ostión; eso confirma la importancia de la dilución y la sedimentación en el flujo de los hidrocarburos en los sistemas estuarinos. Como se advierte, el área más dañada por actividades petroleras es el río Tonalá; le sigue el río Coatzacoalcos. En cambio, la Laguna del Ostión puede considerarse como un ecosistema aún no perturbado por hidrocarburos de origen petrogénico.

De igual manera, si comparamos los valores promedio de hidrocarburos en los sedimentos con los de otras áreas costeras del Golfo de México y otras partes del mundo (tabla 24, volumen 1 de esta serie), se puede observar que las áreas de estudio (ríos Coatzacoalcos y Tonalá) exhiben los valores más altos y pueden considerarse como los ecosistemas costeros más contaminados por actividades petroleras en nuestro país (Botello, 1982). Además, presentan valores similares a los reportados por otros autores (Parker, 1974; Bums y Smith, 1982; Farrington, 1983) para sitios costeros con un alto grado de industrialización o gran concentración urbana: Nueva York, Oeste y Phíllips, en Australia, y los puertos industriales de la costa atlántica de Estados Unidos. En esos lugares el tráfico de buques comerciales y petroleros, el asentamiento de plantas y complejos petroquímicos y

otras industrias colaterales, realizan aportes considerables de hidrocarburos fósiles, gran parte de los cuales se sedimenta.

Finalmente se realizó el análisis por cromatografía de gases de los diversos extractos obtenidos en los núcleos de sedimentos; de ese modo, la utilidad de los cromatogramas obtenidos se relaciona directamente con la naturaleza y el origen de los hidrocarburos presentes en los sedimentos de las áreas de estudio.

En la mayor parte de los cromatogramas analizados, existe un ligero predominio de hidrocarburos con número de carbono impar, lo cual implicaría que se trata de hidrocarburos biogénicos; sin embargo, las concentraciones rebasan con mucho los valores normales o de sedimentos de áreas no contaminadas, además de que los cromatogramas presentan un área compleja de hidrocarburos no resueltos (HUMP) con hidrocarburos cíclicos no saturados, olefinas y compuestos aromáticos simples. Todo esto nos hace pensar en una mezcla de hidrocarburos biogénicos con hidrocarburos fósiles, cuyos orígenes y rutas de entrada al ecosistema se deben a influencias antropogénicas (figuras 8 y 9).

### *3. Río Calzadas y la planicie de inundación*

Por el papel estratégico que juega el subsistema del río Calzadas, como principal canal de desagüe de la amplia zona pantanosa de la margen izquierda del bajo río Coatzacoalcos, se consideró necesario realizar una evaluación de la proporción del carbono isotópico y de los hidrocarburos fósiles (alcanos y aromáticos polinucleares) presentes en sedimentos del río Calzadas, en Veracruz, a fin de determinar los impactos y el estado que guarda esta amplia área de la planicie de inundación. De manera directa, sobre estas aguas se descargan importantes efluentes contaminantes que provienen de las actividades de la planta petroquímica de Minatitlán y Cosoleacaque, así como los desechos de la planta FEIRTIMEX y de otras industrias conexas (volúmenes, 1, 4, 5 y 12 de esta serie).

En el cuadro 24 se anotan las concentraciones promedio de los hidrocarburos fósiles (ppm peso seco) de las fracciones saturadas y aromáticas, así como la concentración

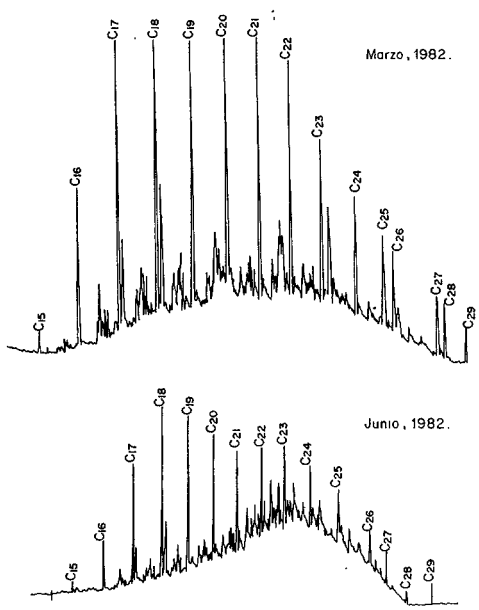


Fig. 8. Cromatogramas de hidrocarburos saturados presentes en núcleos de sedimentos del Río Coatzacoalcos, Ver.; colectados en marzo y junio de 1982.

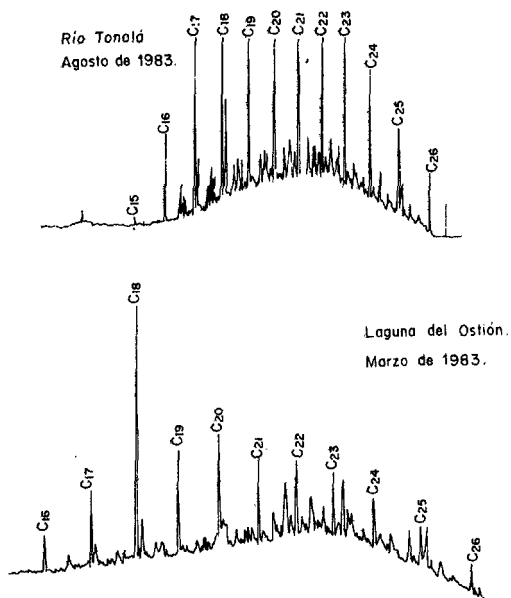


Fig. 9. Cromatogramas de Hidrocarburos saturados presentes en núcleos de sedimentos del Río Tonalá, Ver.; y Laguna del Ostión, colectados en marzo y agosto de 1983.

CUADRO 24

CONCENTRACIONES DE HIDROCARBUROS FOSILES PRESENTES EN SEDIMENTOS RECIENTES  
DEL RIO CALZADAS, VERACRUZ: MEXICO. (METODO GRAVIMETRICO, PPM PESO SECO)

Estación	NOVIEMBRE DE 1985			MARZO DE 1986		
	Saturados	Aromáticos	Totales	Saturados	Aromáticos	Totales
1	91	68	159	163	60	223
2	33	24	57	131	85	216
3	45	24	69	71	15	86
4	134	78	212	76	17	93
5	337	158	495	125	56	181
6	111	40	151	135	54	189
24 hrs	29	32	61	107	24	131
Espejo 1	106	102	208	61	16	77
Promedio	111	66	176	109	41	149

total promedio. Ambas se obtuvieron con el método gravimétrico, que se aplicó en cada estación de muestreo del estuario del río Calzadas y el área de pantanos. Adviértase que la concentración promedio de los hidrocarburos saturados fue dos veces mayor que la de los aromáticos en las dos épocas de muestreo (noviembre de 1985 y marzo de 1986), y si milar a las reportadas en áreas costeras con una baja introducción de hidrocarburos fósiles (Farrington, 1985). Además, su valor total promedio fue 4 veces menor que los encontrados previamente en el río Coatzacoalcos, 7 veces menor que los del río Tonalá, y similar a los de la laguna del Ostión (Botello y Páez-Osuna, 1986).

Todo ello indica que el estuario del río Calzadas recibe aportes pequeños pero continuos de hidrocarburos del petróleo, que se mezclan con los que proporcionan biogénicamente la vegetación y los organismos y la vegetación que habitan o circundan el área de estudio. Dicha aseveración se comprueba con el análisis de la tabla 2 del volumen 1 2 de esta serie, donde se muestra la amplia variación de los valores de algunas relaciones de hidrocarburos saturados, como el C<sub>17</sub>/Pristano, el C<sub>18</sub>/Fitano, el Pristano/Fitano y el Índice Preferencia) de Carbonos (CPI). Todos ellos oscilan desde valores típicos para hidrocarburos biogénicos hasta aquellos característicos para petróleos crudos recientes o muy poco sujetos a intemperismo (Farrington, 1983; Mayo *et al.*, 1978; Macko *et al.*, 1981; Botello y Macko, 1982).

De igual manera, los cromatogramas (figuras 4 a la 8, vol. 1 2 de esta serie) obtenidos por el análisis cromatográfico de la fracción saturada, nos revelan la presencia de n-parafinas consideradas como típicas de organismos marinos y de vegetación terrestre y formadas por procesos biogénicos (C<sub>23</sub>, C<sub>25</sub>, C<sub>27</sub>, C<sub>29</sub>), o bien mezcladas con aquellas reportadas como características del petróleo crudo (C<sub>16</sub>, C<sub>18</sub> y C<sub>20</sub>). Por la mezcla de aportes de hidrocarburos, estos cromatogramas no presentan una distribución uniforme de las n-parafinas, ni tampoco un predominio de átomos de carbono impares sobre los pares. Se carece también de un área compleja de hidrocarburos no resueltos, lo cual indica el bajo intemperismo de estos compuestos, o en todo caso una degradación selectiva por microorganismos.

Los volúmenes que se obtienen por el método cromatográfico de esta fracción revelan que las estaciones 5 y Es-

pejo presentan las concentraciones más altas (tabla 2, volumen 12 de esta serie). Ello es fruto de su cercanía con los sitios de descarga o deposición de desechos petroleros. Sus respectivos cromatogramas, que se exponen en las figuras 10 y 11, coinciden con estas altas concentraciones y presentan el mayor número de compuestos saturados, así como alta incidencia con algunas olefinas. En contraste, la estación 2 presentó las más bajas concentraciones en noviembre de 1985 y en marzo de 1986; por ello, su cromatograma sólo muestra algunas parafinas, de las cuales las más notorias son el C18, el C25, el C29 y el C31 (figura 8, volumen 12 de esta serie).

Con respecto a la fracción aromática, tiene singular importancia la presencia de hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH's) en todas las estaciones de muestreo del estuario del río Calzadas y de la estación Espejo, localizada en el área de pantanos de las cercanías de Minatitlán. En el cuadro 25 se anotan las concentraciones de PAH's determinadas en los sedimentos del estuario del río Calzadas y del área de pantanos cercana a Minatitlán; adviértase que son notables los compuestos aromáticos del grupo de los naftalenos y sus metil derivados (C1, C2 y C3), sobre todo en las estaciones 4, 5 y Espejo, analizadas durante el muestreo de noviembre de 1985. Al 2.6 dimetilnaftaleno y al 1.3 dimetilnaftaleno correspondieron las concentraciones más altas en las estaciones mencionadas.

La presencia de naftalenos y sus metil derivados en muestras de sedimentos obedece entre otras causas a las siguientes:

1. La descarga de petróleo o sus desechos ha sido muy reciente.
2. Aunque la descarga no es reciente, la actividad microbiana se ve excesivamente rebasada por el volumen de petróleo y por su constancia, lo que de hecho sucede en esta área, los desechos de las plantas de refinación se han introducido incesantemente desde hace más de 50 años.
3. Aunque la actividad microbiana sea grande y pueda efectuar una biodegradación eficiente, su efectividad se reduce drásticamente por la presencia y la descarga de otros compuestos orgánicos, como fenoles, polioles y alcoholes; éstos ejercen una acción bacteriana y/o bacteriostática de los microorganismos.

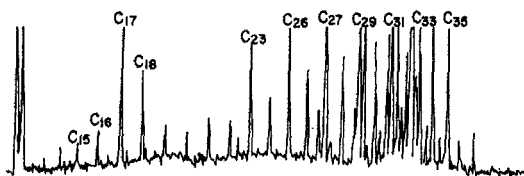


Fig. 10. Cromatograma de la distribución de N-parafinas en sedimentos recientes del Río Calzadas, Veracruz (Estación "Espejo", noviembre de 1985).

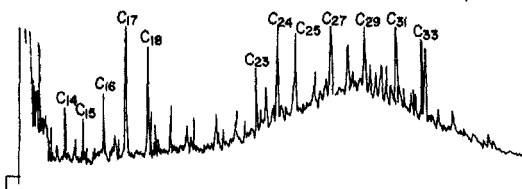



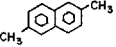













Fig. 11. Cromatograma de la distribución de N-parafinas en sedimentos recientes del Río Calzadas, Veracruz (Estación 5, noviembre de 1985).

CUADRO 25

CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES (PAH's) EN SEDIMENTOS  
RECIENTES DEL RIO CALZADAS, VERACRUZ; MEXICO.

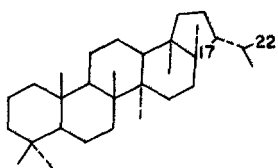
C O M P U E S T O	F O R M U L A	N O V I E M B R E 1 9 8 5				M A R Z O 1 9 8 6		
		ESTACION 2	ESTACION 4	ESTACION 5	"ESPEJO"	ESTACION 2	ESTACION 5	ESTACION 24 HRS
Naftaleno		-	-	0.071	0.191	-	-	-
2, Metil-naftaleno		-	0.076	0.774	-	-	-	-
1, Metil-naftaleno		0.069	-	-	0.261	-	-	-
2, 6, Dimetil-naftaleno		-	0.279	0.542	0.231	-	-	-
1, 3, Dimetil-naftaleno		0.199	0.486	-	0.398	-	-	-
1, 5 + 1, 4 + 2,3 Dimetil-naftaleno		0.046	0.068	0.106	0.151	-	-	-
2, 3, 5, Trimetil-naftaleno		-	0.162	0.151	0.079	-	-	-

Dibenzotiofeno		-	0.029	-	-	-	-	-
Fenantreno		0.038	-	0.221	0.101	-	-	0.016
9, Metil-antraceno		-	-	-	0.300	-	-	-
Pireno		-	0.052	-	0.080	-	-	-
Fluoranteno		-	-	0.100	0.177	0.016	-	-
9, 10, Dimetil-antraceno		0.023	-	-	-	0.042	-	-
1, 2, Benzo-antraceno		-	-	-	-	-	-	0.518
Benzo (a) pireno		-	-	-	-	-	0.160	-
CONCENTRACION TOTAL $\mu\text{g}/\text{gr}$ . (ppm peso seco).		0.413	1.153	1.971	1.973	0.058	0.160	0.535

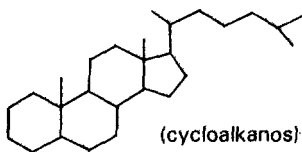
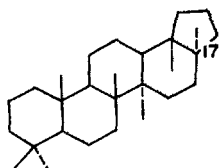
Las concentraciones obtenidas en los sedimentos del río Calzadas son similares a las encontradas en la bahía de Nápoles en Italia por Boucart y Mallet (1965) y en la bahía de Saint Malo en Francia por Mallet (1967), aunque menores que las citadas por Giger y Blumer (1974), tras estudiar la bahía de Buzzards, Massachusetts; pero son 4 veces más altas que las descubiertas recientemente por Larsen *et al.* (1986) en los sedimentos del Golfo de Maine, en los Estados Unidos. Asimismo, la presencia de los naftalenos alquil sustituidos en los sedimentos confirma que estos compuestos sólo pudieron introducirse al ambiente por descargas de petróleo o sus desechos, en tanto que la presencia de compuestos aromáticos con 4 6 5 anillos (pireno, fluoranteno, benzoantraceno y benzo-a-pireno) es de origen piro)ítico, tal vez a causa de la combustión de fósiles.

Las concentraciones de PAH's en los sedimentos del río Calzadas exhiben un gradiente alto, y son mayores en las estaciones localizadas cerca de la descarga (5 y Espejo, con 1 971 y 1973 ppb, respectivamente), y menores conforme se alejan de ellas. De igual manera, es notorio el comportamiento estacional que muestran las concentraciones de PAH's: fueron en promedio tres veces más elevadas y con un mayor número de compuestos en noviembre de 1985 que en marzo de 1986. Tal degradación y el comportamiento estacional de las concentraciones PAH's concuerdan con lo escrito por Mallet *et al.* (1 972), en torno a los sedimentos recientes de la bahía de Saint Malo en Francia.

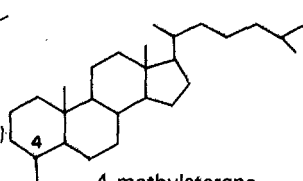
Las figuras 10 a 1 2 corresponden a los cromatogramas de la fracción aromática, y se puede notar claramente en las estaciones 5 y Espejo, las más cercanas a las fuentes de emisiones, un mayor número de compuestos, sobre todo de aquellos correspondientes al grupo de los naftalenos y sus metil derivados, componentes característicos de petróleo crudo o con un grado de intemperismo.o biodegradación muy bajo. Con el fin de confirmar la anterior aseveración, muestras de sedimentos liofilizados en las estaciones estudiadas, se analizaron con la técnica de acople del detector selectivo de masas/cromatografía capilar. Dicho examen se hizo en los Laboratorios de Química Bio-orgánica del Centro de Investigación y Desarrollo en Barcelona, España. Durante dicho análisis se prestó especial atención a la posible presencia de indicadores geoquímicos de la contaminación por



(cycloalkanos)



(cycloalkanos)



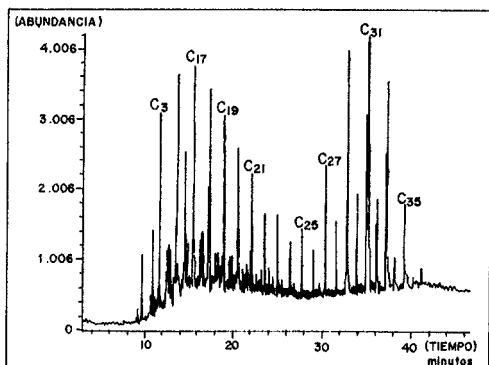


Fig. 12. Cromatograma de las N-parafinas presentes en sedimentos del Río Calzadas, Veracruz. (Estación "Espejo", noviembre de 1985). Obtenidas por el detector selectivo de masas.

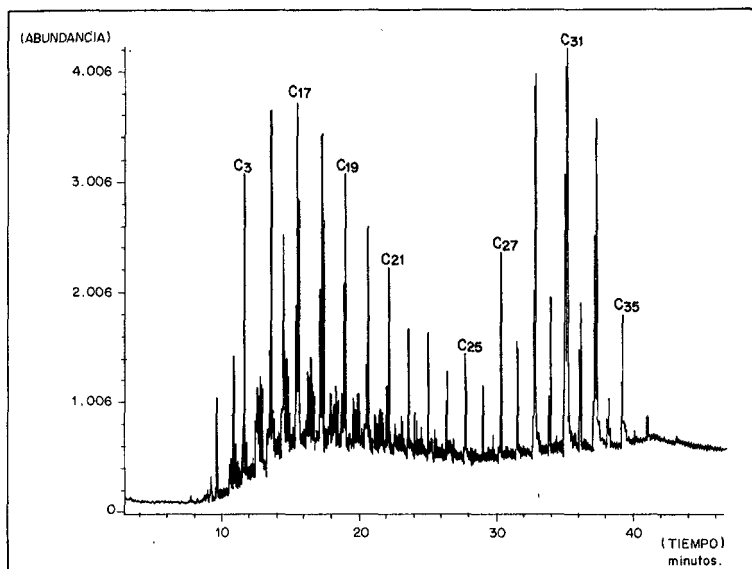


FIG. 13 CROMATOGRAMA DE LAS N-PARAFINAS PRESENTES EN LOS SEDI-  
 MENTOS DEL RIO CALZADAS, VERACRUZ (Estación "Espejo, -  
 Noviembre de 1985). OBTENIDAS POR EL DETECTOR SELECTIVO  
 DE MASAS.

En cuanto a los compuestos presentes en los fragmentogramas (figuras 16 y 17, volumen 12 de esta serie), se identificaron los siguientes:

### *Esteranos*

- 130, 17a(H)-diacholestano 20S
- 13/3, 17a(H)-diacholestano 20R
- 13(3, 170(H)-diacholestano 20S
- 24-methyl-130, 17a(H)-diacholestano 20S
- 13«, 1713(H)-diacholestano 20R
- 24-methyl- 130, 17a(H)-diacholestano 20R
- 5a, 14a, 17a(H)-cholestano 20S
- 5a, 14(3, 17, 6 (H)-cholestano 20S
- 24-ethyl-13, 0, 17a(H)-diacholestano 20S
- 5a, 140, 170(H)-cholestano 20R
- 5«, 14«, 17a(H)-cholestano 20R
- 24-ethyl-13/3, 17a (H)-diacholestano 20R
- 24-methyl-5a, 14a, 17a(H)-cholestano 20S
- 24-methyl-5a, 14/3, 170 (H)-cholestano 20S
- 24-methyl-5a, 140, 17(3(H)-cholestano 20R
- 24-methyl-50, 14a, 17a(H)-cholestano 20R
- 24-methyl-5a, 14a, 17a(H)-cholestano 20R
- 24-ethyl-5 e<sub>i</sub>, 14a, 17a(H)-cholestano 20S
- 24-ethyl-5 a , 14/3, 17/3(H)-cholestano 20S
- 24-ethyl-5a , 140, 170(H)-cholestano 20R
- 24-ethyl-5a , 14a, 17«(H)-cholestano 20R

### *Hopanos*

- A 18 a (H)-22,29,30-trisnorhopano
- B 17 a (H)-22,29,30-trisnorhopano
- C 170 (H)-22,29,30-trisnorhopano
- 17a, 21/3 (H)-30-norhopano
- E hop-17(21)-eno
- F 17,13, 21 a (H)-30-norhopano
- 17«, 21/3 (H)-hopano
- somero del diplopteno (Dastillung, 1976; Grimalt, 1983)
- I 17«, 210 (H)-homohopano 22S
- J 17a , 21(3 (H)-homohopano 22R
- gammacerane

L	17pe., 218' (H)-bishomohopano 22S
M	17a, 21# (H)-bishomohopano 22R
N	17«, 21\$ (H)-trishomohopano 22S
O	17a, 210 (H)-trishomohopano 22R
P	17«-, 2143 (H)-tetraquishopano 22S
O	17a, 210 (H)-tetraquishopano 22R

La presencia y el tipo de esteranos y hopanos encontrados en los sedimentos del río Calzadas y en la estación Espejo concuerdan con la información expuesta por Jones *et al.* a propósito de los sedimentos superficiales contaminados por petróleo crudo de Sullom Voe, en las Islas Shetland del Reino Unido. Los fragmentogramas obtenidos contienen triterpenos (hopanos) de origen biológico, así como provenientes del petróleo crudo. Por ejemplo, el mayor hopano de origen biogénico presente en los sedimentos analizados es el 17 (H) 21 (H) homohopano (pico 1), pero también están presentes las series de C32-C34 hopanos del petróleo, con pares de diastereoisómeros C22 en proporción similar al petróleo crudo (picos K-L y N-0).

A pesar de que la proporción de esteranos es relativamente igual a la de hopanos en estas muestras, aun así el fragmentograma del ion  $M/Z = 217$  muestra una clara huella de productos del petróleo. Esto se debe a que, a diferencia de los hopanos, los esteranos solamente están presentes en sedimentos contaminados (Mackenzie *et al.*, 1982; Jones *et al.*, 1986; Readman *et al.*, 1986). Esto concuerda con la aseveración de que en el área de estudio, además de la introducción de hidrocarburos biogénicos, existe un aporte importante de petróleo crudo o sus derivados, los cuales no llegan a ser totalmente intemperizados o biodegradados por microorganismos y se depositan en los sedimentos superficiales; ahí pueden permanecer por largos periodos sin alteraciones notables en sus estructuras químicas (esto se demuestra con el análisis fragmentográfico y por medio del detector selectivo de masas acoplado a la cromatografía de gases).

Todo ello posee una singular importancia para la ecología: la introducción incesante de PAH's en los ambientes estuarinos y, por ende, la nula biodegradación o el bajo intemperismo de tales compuestos (debido a la estabilidad de sus estructuras químicas) permite la acumulación gradual en los

sedimentos recientes de dichos elementos, y su bioacumulación en la biota circundante, como lo demuestran los estudios de Botello y Páez-Osuna (1986). Es evidente el consecuente riesgo para los organismos y para la salud de los pobladores de las áreas circunvecinas.

#### **4. Hidrocarburos en los organismos**

En general, el daño biológico del petróleo o sus componentes es mucho más severo si se presenta en una zona costera o un ambiente estuarino; entonces la zona intermareal es la más afectada, pues en ella hay una mayor diversidad y abundancia de especies, además de que alberga los estadios juveniles de muchas especies oceánicas (Evans y Rice, 1974). Las respuestas biológicas que acompañan la presencia del petróleo son:

1. Efectos tóxicos letales, donde los componentes del petróleo perturban los procesos celulares y provocan la muerte de las especies.
2. Efectos subletales que alteran actividades fisiológicas o de conducta, pero no causan una muerte inmediata.
3. Ingestión e incorporación de petróleo o sus componentes, con provocación de carcinogénesis.
4. Interferencia en la búsqueda del alimento o escape a predadores.  
Alteración del habitat de las especies, con cambios consecuentes en la composición y diversidad de las mismas.

Los efectos más obvios del petróleo sobre los peces son los de tipo letal, que alteran el funcionamiento de las branquias; estos efectos parecen encontrarse sólo en las cercanías de un gran derrame o bien cuando éste ocurre en áreas muy restringidas. Aunque menos evidentes, pero quizá más significativos, son los efectos subletales, los cuales pueden ocasionar cambios en los hábitos alimenticios, en la migración de las especies y en la reproducción. Son bajos los efectos del petróleo crudo sobre poblaciones de peces pelágicos; en cambio, los derrames de productos refinados sí generan efectos deletéreos considerables sobre las pesquerías de las áreas donde suceden; como ocurrió en Alaska en

1970, o el del barco "Tampico Maru", en las costas de California en 1957, y el del buque-tanque "Florida", en West Falmouth, Massachusetts en 1969 (North *et al.*, 1964; Hampson y Sanders, 1969).

Durante el estudio, se analizaron ejemplares de peces, crustáceos y moluscos de importancia económica y comercial, los cuales se obtuvieron con la ayuda de pescadores locales en la desembocadura y el estuario del Coatzacoalcos, así como en la Laguna del Ostión. En el río Tonalá no se efectuaron análisis de hidrocarburos en organismos, pues a pesar de los esfuerzos, la pesca fue nula. Las especies capturadas y analizadas se muestran en el siguiente listado:

ESPECIE	NOMBRE COMUN
<i>Callinectes bocourti</i>	Jaiba
<i>Centropomus undecimalis</i>	Robalito
<i>Cichlasoma fenestratum</i>	Mojarra negra
<i>Cichlasoma mecki</i>	Mojarra
<i>Conodon nobilis</i>	Ronco amarillo
<i>Crassostrea virginica</i>	Ostión
<i>Crassostrea rhizophora</i>	Ostión
<i>Diapterus olisthostomus</i>	Mojarra blanca
<i>Eugerres plumieri</i>	Mojarra rayada
<i>Gerres cinereus</i>	Pez trompeta
<i>Mercenaria campechinensis</i>	Almeja
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Mayacaste chico
<i>Macrobrachium carcinus</i>	Mayacaste grande
<i>Menticirrhus americanus</i>	Ratón
<i>Mugil curema</i>	Lebrancha
<i>Tarpon atlanticus</i>	Sábalo
<i>Rangia flexuosa</i>	Almeja grande
<i>Poeymesoda caroliniana</i>	Almeja chica

Con el propósito de confirmar la presencia de hidrocarburos petrogénicos en los tejidos de las especies, se condujeron análisis por cromatografía de gases en todas ellas. Las mayores concentraciones de n-parafinas se detectaron en la

almeja grande (*Rangia flexuosa*), la almeja chica (*Polymesoda caroliniana*), la mojarra (*Cichlasoma mecki*), el mayacaste grande (*Macrobrachium carcinus*) y el ronco amarillo (*Conodon nobilis*), todos provenientes del estuario del Coatzacoalcos (cuadro 26). Los cromatogramas indican la presencia de n-parafinas en un rango limitado: desde el n-pentadecano (C15) hasta el n-tricontano (C30), con una distribución muy característica de cada especie, que de manera general se agrupa en tres patrones de distribución típicos.

El primero de ellos lo forman las especies *Cichlasoma mecki* (mojarra) y *Bairdiella ronchus* (ronco), cuyos cromatogramas muestran un rango muy limitado de n-parafinas y sin picos dominantes, con una distribución muy clara y además con ausencia de compuestos no resueltos: esto indica que todos los compuestos presentes son de origen biogénico; aparte, es notable la ausencia de n-parafinas menores al C17 (figura 8, volumen 1 de esta serie).

El segundo patrón lo conforman las especies *Cichlasoma mecki*, *Cichlasoma fenestratum*, *Macrobrachium carcinus* y *Callinectes bocourti*, cuyo rango de n-parafinas es mucho mayor que el del grupo anterior, con la presencia de n-C15 hasta n-C32; adviértase también una distribución bimodal, donde predominan el n-C16 y el n-C25, hidrocarburos de origen típicamente biogénico, según Clark y Blumer (1967); Youngblood *et. al.*, 1971; NAS (1975) (figura 9, volumen 1 de esta serie).

Al tercer patrón de distribución pertenecen las especies *Eugerres plumieri* (mojarra rayada), *Cichlasoma fenestratum* (mojarra negra), *Tarpón at/anticus* (sábalo) y *Polymesoda caroliniana* (almeja), las cuales ofrecen un patrón típico de mezcla de hidrocarburos biogénicos con hidrocarburos petrogénicos, debido al amplio rango de n-parafinas en los cromatogramas; además, la distribución tiende a ser más suave y de tipo unimodal, lo que es característico de los petróleos crudos, sin existir un predominio claro de n-parafinas impares; se forma asimismo una curva no resuelta (HUMP), donde se ocultan compuestos que no pueden ser resueltos por las columnas cromatográficas (figura 10, volumen 1 de esta serie).

CUADRO 26

CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS SATURADOS Y AROMATICOS POLINUCLEARES EN ORGANISMOS DEL RIO COATZACOALCOS Y LAGUNA DEL OSTION, VERACRUZ. MEXICO (DETERMINADA POR CROMATOGRAFIA DE GASES)

ESPECIE	NOMBRE COMUN	LOCALIDAD DE CAPTURA	CONCENTRACION TOTAL DE HIDROCARBUROS	
			Saturados (ppm)	PAH's (ppm)
<i>Bairdiella ronchus</i>	Ronco blanco	Isla Pajaritos	0.88	0.017
<i>Callinectes bogourti</i>	Jaiba	Río Coatzacoalcos	1.78	0.016
<i>Centropomus undecimalis</i>	Robalito	Laguna del Ostión	0.53	—
<i>Cichlasoma fenestratum</i>	Mojarra negra	Río San Francisco	1.17	—
<i>Cichlasoma meecki</i>	Mojarra	Arroyo Teapa	3.00	—
<i>Conodon nobilis</i>	Ronco amarillo	Puerto Comercial	1.84	—
<i>Crassostrea virginica</i>	Ostión	Laguna del Ostión	2.05	—
<i>Crassostrea rhizophora</i>	Ostión	Laguna del Ostión	1.75	—
<i>Diapterus olisthostomus</i>	Mojarra blanca	Laguna del Ostión	0.42	—
<i>Eugerres plumieri</i>	Mojarra rayada	Laguna del Ostión	0.84	0.011
<i>Gerres cinereus</i>	Pez trompeta	Laguna del Ostión	0.37	—
<i>Mercenaria campechiensis</i>	Almeja	Laguna del Ostión	1.93	—
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Mayacaste chico	Santa Alejandrina	0.70	0.880
<i>Macrobrachium carcinus</i>	Mayacaste grande	Santa Alejandrina	1.55	0.017
<i>Menticirrus americanus</i>	Ratón	Litoral	0.28	0.002
<i>Mugil curema</i>	Lebrancha	Isla Pajaritos	1.52	0.004
<i>Tarpon atlanticus</i>	Sábalo	Río Calzadas	1.07	0.380
<i>Rangia flexaosa</i>	Almeja grande	Río Coatzacoalcos	5.21	0.123
<i>Polymesoda caroliniana</i>	Almeja chica	Isla Pajaritos	2.00	0.127

En las siguientes especies de importancia comercial no se detectó la presencia de algún hidrocarburo aromático:

Mojarra negra	<i>Cichlasoma fenestratum</i>	del Río San Francisco
Mojarra	<i>Cichlasoma meeki</i>	del Arroyo Teapa
Ronco amarillo	<i>Conodon nobilis</i>	del Puerto Comercial
Ronco amarillo	<i>Conodon nobilis</i>	del Litoral
Mojarra negra	<i>Cichlasoma fenestratum</i>	del Río San Francisco

En otro grupo de especies se detectaron hidrocarburos aromáticos y PAH's en un rango de concentración de 2 a .17 ppb (partes por billón):

Ratón	<i>Menticirrhus americanus</i>	del Litoral
Lebranca	<i>Mugil cureme</i>	de Isla Pajaritos
Ronco	<i>Rairdielle ronchus</i>	de Isla Pajaritos
Mojarra rayada	<i>Eugerros plumieri</i>	del Río San Antonio
Jaiba	<i>Cellinectes bocourti</i>	del Río Coatzacoalcos
Mayacaste grande	<i>Macrobrachium carcinus</i>	de Santa Alejandrina

El tercer grupo de especies revela un rango de concentraciones elevadas de PAH's, lo cual tiene gran significación,, para la salud pública: todos los compuestos detectados se reportan como nocivos y algunos como cancerígenos: el benzo (a) antraceno, el benzofluoranteno, el benzo (a) pireno y el benzo (ghi) parileno. El rango de concentración va de 77 a 877 ppb, y las especies son:

Mojarra	<i>Cichlasoma meeki</i>	del Río Colorado
Mojarra negra	<i>Cichlasoma fenestratum</i>	del Río San Antonio
Sábalo	<i>Tarpón atlanticus</i>	del Río Calzadas
Almeja	<i>Rangia flexuosa</i>	del Río Coatzacoalcos
Almeja	<i>Polymesoda caroliniana</i>	de Isla Pajaritos
Mayacaste chico	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	de Santa Alejandrina

Las figuras 14 y 15, nos muestran los cromatogramas de las fracciones aromáticas pertenecientes a las especies analizadas; se nota claramente que las almejas (*Rangia flexuosa* y *Rangia caroliniana*), el máyacaste chico (*Macrobrachium acanthurus*) y el sábalo (*Tarpón atlanticus*) poseen una gran variedad de hidrocarburos aromáticos, desde los más sencillos (con 2 anillos bencénicos, como los naftalenos) hasta los más complicados (con 4 a 5 anillos bencénicos, como el benzopireno, benzoperileno y benzoantraceno).

Ahora bien, las investigaciones de los efectos de grandes volúmenes de petróleo prestan una considerable atención a los daños directos a peces adultos o bien a la inmediata reducción del volumen de captura de especies de importancia económica y comercial; sin embargo, dan una insuficiente importancia a los efectos o daños sobre estadios más delicados, como larvarios o juveniles y huevecillos de estas especies. El estudio y la interpretación de todos los factores tienen un papel preponderante en la determinación de los efectos a largo plazo del petróleo sobre las pesquerías de un área. Los daños pueden no mostrarse de inmediato y no necesariamente en el sitio de introducción del petróleo; sin embargo, provocan quizás una reducción paulatina en la productividad en un periodo de tiempo largo. Más aún, la gradual y amplia reducción en las pesquerías de ciertas especies puede ser resultado de un problema de contaminación crónica, y no tanto un incidente agudo y eventual.

De igual manera, las mayores pesquerías del mundo se concentran en áreas con una alta productividad biológica, como son las zonas costeras. En algunas partes del mundo, éstas comparten su alta productividad con las actividades de la industria petrolera: tal es el caso de México, donde la producción de petróleo en la plataforma continental alcanza volúmenes considerables. Por ello, las pesquerías del área estarán sujetas a una contaminación crónica y a derrames de petróleo intermitentes por muchos años. El 90% de la captura total de esta área se hace sobre especies costeras o estuarinas, como ostras, almejas, mejillones, peces, y demás, las cuales viven en áreas someras como estuarios y lagunas costeras, y en donde los efectos de la contaminación sin duda serán mayores.

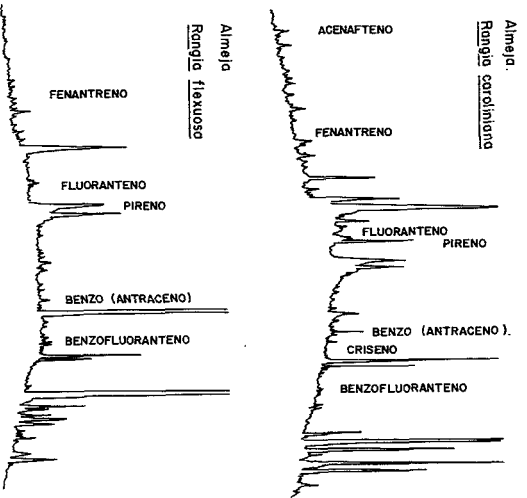


Fig. 14. Presencia de PAH's en Rangia caroliniana y Rangia flexuosa del Rio Coatzacoalcos, Ver. MEXICO.

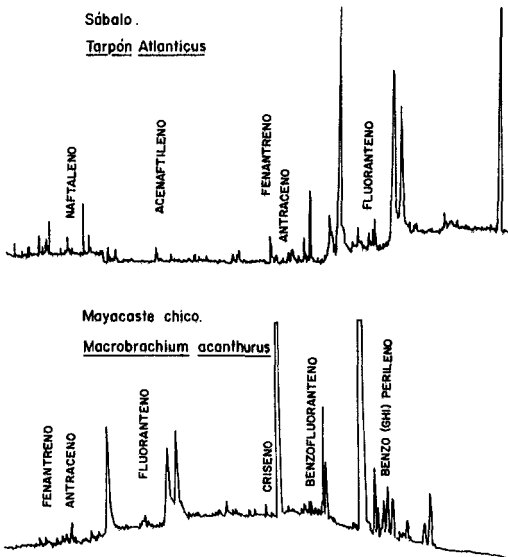


Fig. 15. Presencia de PAH's en Tarpon atlanticus y Macrobrachium acanthurus del Río Coatzacoalcos, Veracruz; México.

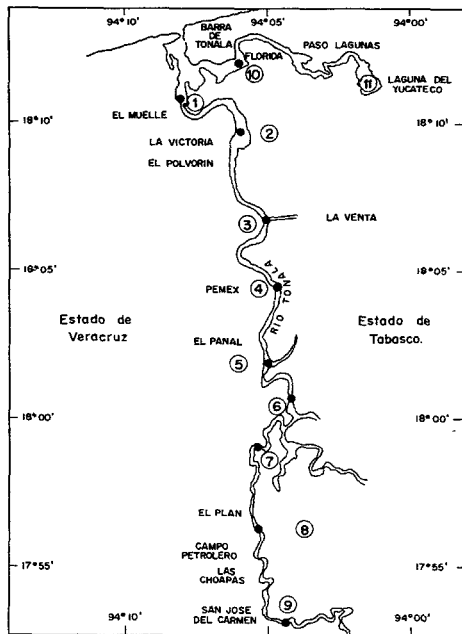
## 5. Composición isotópica del carbono y el nitrógeno

### El Carbono

Como un complemento del estudio geoquímico de Botello y Páez-Osuna (1986), en el estuario del río Coatzacoalcos y áreas adyacentes se realizaron mediciones de la proporción del carbono isotópico en los ríos Coatzacoalcos, Tonalá y Calzadas y en la laguna del Ostión, con el fin de obtener una visión completa de los posibles orígenes y de los flujos de este elemento en el área mencionada. La figura 16 muestra los valores y la posición de las estaciones en el río Tonalá. Este presentó, además, los valores  $\delta^{13}\text{C}$  más negativos, con un promedio de -28.54 ‰, con lo cuál rebasa cualquier valor reportado con anterioridad y confirma las aseveraciones acerca de que el río Tonalá es el estuario mexicano más dañado por actividades petroleras (Botello y Páez-Osuna, 1986). A las estaciones 4 (-28.84), 7 (-28.87) y 8 (-28.81) corresponden los valores  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ más negativos, muy similares o mayores a los reportados sobre petróleo crudo y productos petroquímicos (Parker y Calder, 1976; Botello y Castro, 1980). Tales estaciones se localizan frente a la central de bombeo de PEMEX (4) y frente al campo petrolero de Las Choapas (7 y 8).

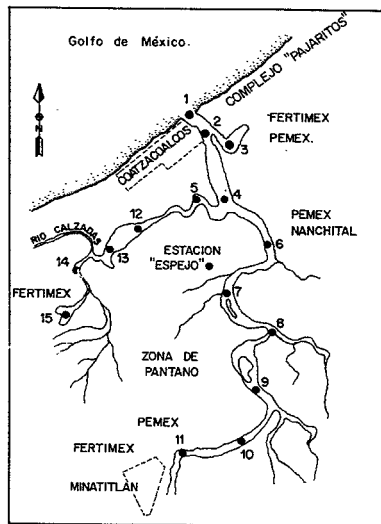
La figura 17 corresponde a las estaciones y a los valores  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ de los ríos Coatzacoalcos y Calzadas. Adviértase que el valor promedio es ligeramente menor al del río Tonalá (-28.30 ‰) y que las estaciones 6 (-28.76 ‰), frente a Nanchital, 9 (-28.76 ‰), 10 (-28.79 ‰) y 11 (-27.89 ‰) reciben los aportes de la refinera de Minatitlán y tienen los  $\delta^{13}\text{C}$  más negativos. A su vez, en el río Calzadas las estaciones 14 (-28.20 ‰), 15 (-28.70 ‰) y Espejo (-29.20 ‰) poseen los valores más negativos, pues se hayan cerca de la fuente de aporte. La estación Espejo presenta un  $\delta^{13}\text{C}$  más elevado que el de los petróleos crudos mexicanos, pero similar a productos petroquímicos y sin duda en ellas se depositan desechos de la refinera de Minatitlán. Este valor es el más negativo encontrado hasta hoy en ecosistemas costeros de México.

En la figura 18 se notan los valores  $\delta^{13}\text{C}$  ‰ de la laguna del Ostión, la cual presenta un valor promedio de -27.03 ‰, muy diferente al de los estuarios de los ríos Coatzacoal-



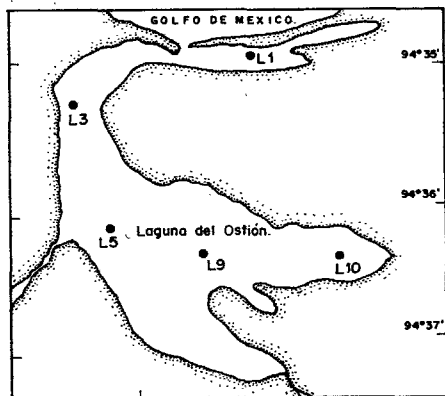
ESTACION.	% CARBONO ORGANICO.	$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$	$\delta^{15}\text{N} \text{ ‰}$
1	0.36	- 28.18	2.80
2	2.78	- 28.40	1.97
3	1.37	- 28.32	1.89
4	0.92	- 28.84	2.09
5	1.03	- 28.76	2.35
7	1.00	- 28.87	1.85
8	0.15	- 28.81	4.06
9	0.84	- 28.54	2.28
10	2.17	- 28.47	2.10
11	2.73	- 28.26	2.20
VALOR PROMEDIO $\bar{x}$	1.33	- 28.54	2.35

FIG. 16. VALORES DE LA PROPORCION DE CARBONO Y NITROGENO ISOTOPICOS Y CARBONO ORGANICO PARA SEDIMENTOS RECIENTES DEL RIO TONALA, VERACRUZ; MEXICO.



ESTACION.	% CARBONO ORGANICO	$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$	$\delta^{15}\text{C} \text{ ‰}$
1	0.89	- 28.69	2.75
2	1.81	- 27.64	2.53
3	1.40	- 28.43	2.32
4	1.12	- 28.57	3.52
5	0.56	- 28.16	2.97
6	1.57	- 28.76	2.47
7	0.94	- 28.07	2.74
8	1.01	- 27.61	3.20
9	0.60	- 28.76	2.74
10	1.08	- 28.79	2.40
11	0.26	- 27.84	3.36
12	0.84	- 27.85	2.30
13	0.65	- 27.65	2.15
14	1.42	- 28.20	2.52
15	1.75	- 28.70	3.10
"ESPEJO"	2.30	- 29.20	3.90
VALOR PROMEDIO $\bar{x}$	1.13	- 28.30	2.81

FIG. 17. VALORES DE LA PRODUCCION DE CARBONO Y NITROGENO ISOTOPIICOS Y CARBONO ORGANICO PARA SEDIMENTOS RECIENTES DEL RIO COATZACOALCOS Y RIO CALZADAS, VERACRUZ; MEXICO.



ESTACION	% CARBONO ORGANICO.	$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$	$\delta^{15}\text{N} \text{ ‰}$
1	1.04	- 26.24	2.40
3	1.15	- 26.40	1.86
5	0.87	- 26.69	3.10
9	0.91	- 27.90	1.63
10	0.74	- 27.93	1.85
VALOR PROMEDIO $\bar{x}$	0.94	- 27.03	2.16

FIG. 18. VALORES DE LA PROPORCION DE CARBONO Y NITROGENO ISOTOPICOS Y CARBONO ORGANICO PARA SEDIMENTOS RECIENTES DE LA LAGUNA DEL OSTION, VERACRUZ; MEXICO.

cos, Calzadas y Tonalá. Estos valores reflejan que la laguna no recibe aportes por vías antropogénicas de carbono orgánico (hidrocarburos fósiles), lo cual ya advertían Botello y Páez-Osuna (1986). Los valores a  $^{13}\text{C}$  oloo de ese cuerpo se relacionan más bien con aportes de vegetación circundante, como manglares y otras especies. Sin embargo, los valores de las estaciones 9 (-27,90) y 10 (-27,93 oloo) sugieren que quizá en algún momento se introdujeron a la laguna algunos contaminantes que pudieron haber alterado su balance geoquímico: por ejemplo, algunos metales pesados, principalmente Ni, el cual tiene una relación estrecha con actividades petroleras. Estos datos confirman asimismo que en las áreas de estudio el impacto causado por la presencia de óos desechos petroleros se ha desarrollado en , la escala siguiente:

Ríos Tonalá>Coatzacoalcos>Calzadas.>Laguna del Ostión

### *Él nitrógeno*

Los valores a  $^{15}\text{N}$  para el nitrógeno isotópico de los sedimentos de los ríos Calzadas, Coatzacoalcos y Tonalá y de la laguna del Ostión, se muestran en las figuras 16, 17 y 18. Obsérvese que el valor promedio más alto ( $\delta^{15}\text{N} = 2.81$  o/oo) corresponde a los estuarios de los ríos Coatzacoalcos y Calzadas, donde las fuentes naturales de nitrógeno orgánico se ven sin duda alteradas por la presencia de otros compuestos orgánicos nitrogenados, los cuales, se desechan en la refinería de Minatitlán, en el complejo Cosoleacaque, así como en las plantas de FERTIMEX situadas en el área. Esto concuerda con los valores individuales más altos, los cuales corresponden a las estaciones 4, 11, 15 y Espejo, cuyos  $\delta^{15}\text{N}$  son 3.52 o/oo, 3.36 oloo, 3.10 o100 y 3.90 o/oo, respectivamente. Dichas estaciones se localizan frente a los sitios de descarga de la refinería, o bien cerca de plantan de FERTIMEX. El río Tonalá presenta un valor promedio de  $\delta^{15}\text{N} = -2.35$  o/oo, y la estación 8 presenta el valor individual más alto ( $\delta^{13}\text{C} = 4.06$ ); ésta se localizo frente al campo petrolero las Choapas.

Finalmente, la laguna del Ostión muestra un valor promedio de  $\delta^{15}\text{N} = -2.16$  o/oo, el más bajo de los sistemas analizados; ello refleja valores particulares de nitrógeno isotópico

muy similares a los encontrados en fuentes naturales, principalmente detritus de manglar o vegetación terrestre. También confirma la naturaleza casi inalterada de dicha laguna, donde la introducción de hidrocarburos petrogénicos es casi nula.

Ahora bien, a pesar de que la información anterior es útil en el examen de las áreas estuarinas, aun así los datos de nitrógeno isotópico en nuestro país y particularmente en ecosistemas tropicales, son prácticamente inexistentes. Por ello se torna imperativo que este tipo de diagnóstico y análisis se aplique en ecosistemas como los estudiados, los cuales reciben singulares impactos por las actividades humanas y petroleras circundantes.

## **6. Breas y alquitranes en playas de Coatzacoalcos y Tonalá**

Las costas del Golfo de México son áreas expuestas al incesante tráfico de los buques petroleros, a la exploración y explotación de petróleo en la plataforma continental (principalmente el banco de Campeche) y al almacenamiento y la movilización de grandes volúmenes de crudo, además de accidentes en las líneas de conducción de mar a tierra. Todo ello hace que día a día aumenten considerablemente las concentraciones de breas y alquitranes sobre las playas del Golfo de México. Asimismo, y a pesar de que en el Caribe mexicano no existen actividades petroleras, sobre las playas llegan a depositarse cantidades considerables de breas y alquitranes, originadas por las actividades petroleras de Venezuela y Trinidad-Tobago, así como por el transporte de crudo, pues el Caribe es una de las rutas más transitadas por buques-tanque (Jeffrey, 1974; Georges y Oostdam, 1983).

Los resultados de la concentración de breas en las playas de Veracruz aparecen en el cuadro 27, donde se observa fácilmente el aumento gradual en la concentración de breas ( $\text{glm}^2$  de playa), como un reflejo del aumento incesante de las actividades petroleras en esa entidad. Aunque los datos no indican concentraciones elevadas como las que determinan Golik (1983) para las costas israelitas ( $3,625 \text{ glm}^2$ ) o para las costas atlánticas de Trinidad y Tobago ( $3,000 \text{ glm}^2$ ), según los datos de Georges y Oostdam (1983), aun así se advierten concentraciones más elevadas que las obtenidas

nidas por Romero *et al.* (1981) para el estado de Florida en Estados Unidos, con valores medios de 0 a 40 g/m<sup>2</sup>. En las costas del estado de Veracruz los valores medio van de 3 a 231 g/m<sup>2</sup>. En la figura 19 se muestra gráficamente la concentración de breas en las playas de Veracruz, las cuales se comparan con las concentraciones determinadas para Cayo Arcas, una terminal petrolera en alta mar, y con las concentraciones de las playas de Campeche.

La mayor concentración corresponde a Cayo Arcas, con valor promedio 200 g/m<sup>2</sup>, lo siguen las playas de Tonalá, Playa Linda y Arbolillo, con valores medios de 75 a 125 g/m<sup>2</sup>; en tanto, en las playas de Campeche están ausentes o en concentraciones 10 g/m<sup>2</sup> de playa. En resumen, las actividades de exploración y explotación aunadas a la movilización y el almacenamiento de crudo, contribuyen considerablemente al aumento gradual de las concentraciones de hidrocarburos fósiles en nuestros ecosistemas costeros, principalmente los localizados cerca de complejos industriales, puertos petroleros o terminales de embarque.

### 7. Hidrocarburos en el manglar

En la zona del río Tonalá, los manglares están permanentemente sujetos a hidrocarburos y desechos de las instalaciones petroleras cercanas o aun dentro de los mismos. La presencia de hidrocarburos se constató visualmente: en muchas áreas las raíces zanco de *Rhizophora mangle* y los sedimentos se encontraban cubiertos por capas de aceite y petróleo (estaciones 2, 3, 4 y 8 con más frecuencia). En algunos casos las manchas de petróleo cubrían las raíces hasta 1.20 m de altura. Para conocer el tipo y el origen de contaminante y la proporción en los sedimentos, así como la posible transferencia de éstos a las hojas del manglar, se realizó la cuantificación y la determinación de los hidrocarburos presentes.

El cuadro 28, muestra los resultados de la determinación de hidrocarburos en sedimentos y hojas de los manglares de río Tonalá, río Chicozapote y laguna del Yucateco. Los valores están expresados en ppm (partes por millón) de hidrocarburos totales, incluyendo sus fracciones alifáticas y aromáticas. En las hojas del manglar, los valores promedio de hidrocarburos aromáticos son cuatro veces mayores que los de

CUADRO 27

CONCENTRACION DE BREAS Y ALQUITRANES (g/m<sup>2</sup>) DEPOSITADAS SOBRE  
LAS PLAYAS DEL ESTADO DE VERACRUZ

Nombre de la Playa	Fecha	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4	Transecto 5	Transecto 6	Promedio
Chachalacas	26-8-83	3.22	9.97	15.92	8.36	—	—	9.36
Chachalacas	27-1-84	1.66	1.58	16.58	4.83	3.91	2.38	5.15
Chachalacas	22-3-84	19.5	5.32	61.36	7.56	21.82	—	23.11
Linda	22-8-83	3.83	18.61	20.46	18.70	—	—	15.4
Linda	20-2-84	11.26	9.27	2.11	4.97	—	—	6.90
Linda	27-4-84	126.13	212.30	234.84	350.31	—	—	230.89
Arbolillo	22-2-84	32.87	30.66	62.39	—	—	—	41.97
Arbolillo	22-3-84	77.72	292.05	76.78	—	—	—	148.85
Tonalá	18-2-84	0.489	3.93	1.25	6.30	—	—	2.99
Tonalá	28-4-84	92.94	158.59	495.25	162.4	—	—	227.29

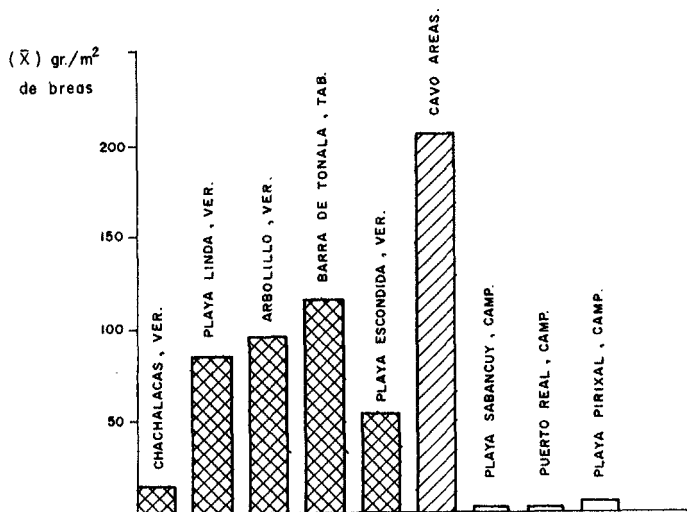


FIG. 19. Concentración promedio de breas y alquitranes depositados en las playas.

CUADRO 28

CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS Y HOJAS DE MANGLAR DEL RIO TONALA, VER.  
Y LAGUNA DEL YUCATECO, TAB. (ppm-peso seco)

ESTACION	SATURADOS	AROMATICOS	TOTALES	ESPECIES	SATURADOS	AROMATICOS	TOTALES
1. Muelle	509	3126	3635	1 Rh	800	2760	3560
				Lag	210	200	410
2. La Venta	1779	1205	2985	2 Rh	500	1730	2230
				Lag	180	3830	4010
3. Yucateco	229	2981	3210	3 Rh	230	360	590
				Lag	280	1120	1400
4. Yucateco	153	422	575	4 Rh	100	1330	1430
				Lag	240	490	730
5. Bari	57	157	214	5 RFh	230	440	670
				Lag	200	800	1000
6. Florida	77	192	269	6 Rh	150	800	950
				Lag	160	370	530
7. Isla Cangrejera	1493	1428	2922	7 Rh	360	880	1240
				Av	200	920	1120
8. La Punta	594	1377	1971	8 Rh	410	1130	1540
				Lag	180	2360	2540
				Av.	220	710	930

Cuadro 28 (Conclusión)

Total en Sedimento	9961	31908	40870
Promedio de Sedimento	383	1227	1572
Total en hojas		5070	21020
Promedio en hojas		3475	7179
Total en Rh		2780	9430
Promedio en Rh		3475	1179
Total en Lag		1450	9170
Promedio en Lag		207	1310
Total en Av		840	2420
Promedio en Av		280	807
Rh	=	<i>Rhizophora mangle</i>	
Lag	=	<i>Laguncularia racemosa</i>	
Av	=	<i>Avicenia germinans</i>	

saturados: 1,168 ppm en aquéllos y 282 ppm en éstos (tabla 6). Tal predominio es sorprendente, pues los estudios señalan que las concentraciones de ambos compuestos son semejantes, e incluso es mayor el componente saturado, y sólo en derrames masivos o en sitios con una descarga crónica de hidrocarburos, como la zona del río Tonalá, prevalece el aromático (Gallegos, M., 1986; vol. 3 de esta serie)

En los sedimentos y hojas del manglar de la laguna de Sontecomapan (tabla 7, volumen 3 de esta serie), se encontró que en la estación 1 la concentración de hidrocarburos en sedimentos es menor que en las del río Tonalá, y en la estación 2, es similar a los valores más bajos encontrados en éste. Estas concentraciones, sin embargo, también son mayores que las reportadas en las zonas costeras no contaminadas.

Ahora bien, la cuantificación de hidrocarburos totales por el método gravimétrico padece inconvenientes de interpretación: además de hidrocarburos, por este método también se cuantifican otros compuestos orgánicos como esteroides, ácidos grasos, ésteres, y otros. Estos no pueden ser saponificados de manera total con la técnica empleada, debido a su complejidad química, y así pasan a formar parte de la fracción no saponificable. Por ello, en las cuantificaciones obtenidas son altas las concentraciones de hidrocarburos, y no es posible conocer con certeza el origen y el tipo de hidrocarburos que se analizan.

Por lo tanto, para establecer el origen de los hidrocarburos (biogénicos o fósiles) presentes en los sedimentos y en las hojas de manglar, se efectuó una cromatografía de gases, a fin de obtener la representación de los componentes en las fracciones saturadas y aromáticas. Se seleccionaron muestras de sedimento y hojas conforme a los valores obtenidos en la cuantificación gravimétrica, y se incluyó a los de alta y a los de baja concentración. Las muestras seleccionadas fueron:

## Río Tonalá

- E2 sedimento
- E2 *Rhizophora mangle*
- E1 *Laguncularia racemosa*
- E3 sedimento
- E3 *Rhizophora mangle*
- E3 *Laguncularia racemosa*
- E5 sedimento
- E5 *Rhizophora mangle*
- E5 *Avicennia germinans*
- E5 *Laguncularia racemosa*
- E7 sedimento
- E7 *Rhizophora mangle*
- E8 sedimento
- E8 *Rhizophora mangle*
- E8 *Avicennia germinans*

## Laguna de Són-tecomapan

- E1 *Rhizophora mangle*
- E1 *Laguncularia racemosa*
- E2 sedimento
- E2 *Avicennia germinans*

## Cromatogramas

En la mayoría de las estaciones del río Tonalá, no se hallaron hidrocarburos petrogénicos en los cromatogramas de los sedimentos analizados, y por tanto tampoco en las hojas. Sólo en la estación 2 se identificaron compuestos derivados de hidrocarburos biogénicos y petrogénicos tanto en sedimentos como en las hojas de *Rhizophora mangle*; así se confirman los resultados gravimétricos, que la consideran una de las áreas más contaminadas de la zona, por otra parte, por los suelos anaeróbicos del manglar, que reducen el aporte de oxígeno para la degradación y fotooxidación de hidrocarburos- deberían encontrarse niveles de los mismos que: cualitativa y cuantitativamente verificaran la presencia de capas de petróleo en los sedimentos y raíces del manglar. Sin embargo, como el manglar de la zona es fundamentalmente ribereño, es menos vulnerable a la contaminación por petróleo. Los microorganismos de los suelos del manglar influyen en la tasa de degradación del petróleo. Además, los hidrocarburos saturados y aromáticos son poco solubles en agua, por lo que tal vez -si permanecen en los sedimen-

tos- no son transferidos a las hojas y no se detectan en el análisis cromatográfico.

Estos factores particulares confieren al manglar una condición diferente a la del resto de la zona costera, y muy probablemente alteran los ritmos de lavado, biodegradación e intemperización de los hidrocarburos. Las encuestas en las comunidades humanas de la ribera del Tonalá pueden concluir que el uso de los productos del manglar es exclusivamente del tipo tradicional doméstico (vigas para construcción de vivienda o cercas), y aun éste es cada vez menos frecuente, por lo que no afecta el equilibrio ecológico del manglar.

Muy diferente es el resultado de acciones como la tala y quema de árboles, construcción de caminos, dragado, canalización y remoción de sedimentos; éstas sí repercuten en pérdida de energía no renovable para la comunidad, en la alteración de los ritmos de aporte y ciclaje de nutrientes, mineralización, patrones de sedimentación, acidificación de los suelos y, finalmente, en baja productividad o desaparición de la comunidad. En suma, todas las perturbaciones en el manglar del río Tonalá se deben a PEMEX desde hace más de veinte años. Aquél sufre la introducción permanente de hidrocarburos en niveles crónicos y subletales, con efectos que se manifiestan en la pérdida de vigor del ecosistema, el cual se hace más vulnerable a las plagas, los ataques de insectos y las enfermedades. Incluso existen tres géneros de hemiparásitos de la familia Loranthaceae: *Psitacanthus*, *Struthanthus* y *Phoradendron*, los cuales infestan a un gran número de árboles del manglar. Estos hemiparásitos, de acuerdo con Mizrachi y Pannier (1980), son bioindicadores de la degradación del ecosistema. Por esas perturbaciones se reduce el tamaño del manglar y cambian frecuentemente los patrones de sedimentación, el aporte de nutrientes y la mineralización. Como consecuencia, la productividad de la zona es cada vez menor, y ya peligra la subsistencia del manglar en la zona costera tropical.

## *Consideraciones principales*

1. Las concentraciones de hidrocarburos totales rebasan hasta en diez veces los límites marcados para áreas costeras no contaminadas, indicio suficiente del gran impacto de las actividades petroleras en las áreas de estudio, salvo la Laguna del Ostión. Los ríos Coatzacoalcos y Tonalá muestran concentraciones más elevadas que en cualquier área costera mexicana estudiada hasta ahora, y pueden calificarse como los sitios más contaminados del litoral mexicano y tal vez del mundo.
2. De singular importancia son los hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH's), determinados en 19 especies de organismos tales como peces, crustáceos y moluscos. Entre los PAH's que se identificaron en las especies se cuentan: Pireno, Perileno, Acenafteno, Acenaftileno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno, Fluoranteno, Benzo (a) antraceno, Criseno, Benzofluoranteno, Benzo (a) pireno y Benzo (ghi) perileno; estos dos últimos son los PAH's más peligrosos, por su potencial carcinogénico y los riesgos para la salud humana.
3. El análisis de hidrocarburos del petróleo presentes en sedimentos del río Calzadas y en el área de pantanos, muestra que la concentración promedio de hidrocarburos saturados es dos veces mayor que la de los aromáticos y es similar a la de áreas costeras estuarinas con una baja introducción de hidrocarburos fósiles. El valor promedio es cuatro veces menor que el del río Coatzacoalcos, siete veces menor que el del río Tonalá y similar al de la laguna del Ostión.
4. Con respecto a los importantísimos hidrocarburos aromáticos, los polinucleares (PAH's) aparecen en todas las estaciones de muestreo del estuario del río Calzadas y de la estación Espejo, localizada en el área de pantanos en las cercanías de Minatitlán.
5. Las concentraciones de PAH's en los sedimentos del río Calzadas presentan un gradiente y son mayores en las estaciones localizadas cerca de la fuente de descarga (esta-

ción 5 y Espejo, con 1971 y 1973 ppb, respectivamente) y menores conforme se alejan de la fuente. Asimismo, la presencia de los naftalenos alquil sustituidos (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>) en los sedimentos analizados confirma que estos compuestos sólo pudieron introducirse al ambiente por descargas de petróleo o sus desechos, en tanto que la presencia de compuestos aromáticos con 4 o 5 anillos (como pireno, fluoranteno, benzoantraceno y benzo-pireno) obedece a un origen pirolítico, como fruto de la combustión de hidrocarburos fósiles.

6. Del análisis realizado para determinar la presencia y origen de los contaminantes presentes en sedimentos y hojas de manglar, el hecho más relevante es que los valores gravimétricos obtenidos (214 a 3 635 ppm), rebasan los niveles señalados por Blumer y Sass (1972) de menores de 70 ppm para zonas costeras no contaminadas.
7. El análisis cromatográfico mostró que el origen de los hidrocarburos detectados en sedimentos y hojas de manglar es fundamentalmente natural, y la distribución de los compuestos parafínicos de alto peso molecular (C<sub>23</sub>-C<sub>31</sub>) son los caracterizados para plantas terrestres. Lo que, además, muestra el aporte de materia orgánica, que se ha señalado como uno de los atributos que le confiere al manglar su alto nivel productivo dentro de] ecosistema costero.
8. Las áreas de la Venta y de la Laguna del Yucateco, presentaron compuestos derivados del petróleo que coinciden con las zonas de mayor actividad petrolera.

## IV. PLAGUICIDAS

Estudios de vigilancia en el medio acuático de diversas regiones en el mundo, han permitido confirmar los siguientes datos con respecto a los plaguicidas: a) Los más persistentes como el DDT y Dieldrín se detectan frecuentemente en aguas oceánicas; b) otros sólo se observan en las áreas inmediatas al lugar de empleo; c) casi siempre aparecen en el [material de suspensión](#); d) estos compuestos se almacenan en los sedimentos del fondo, los cuales al ser removidos contribuyen a la continua contaminación de los estuarios. Se sabe que la adsorción de DDT aumenta según la cantidad de humus en la materia orgánica contenida en el sedimento (Weber, 1972). Existe sin embargo, muy poca información disponible sobre la concentración de estos compuestos en sedimentos de lagunas costeras, ríos y estuarios: el problema del muestreo presenta serias dificultades pues tales compuestos se depositan en la capa superficial.

### **1. Plaguicidas en sedimentos**

En el estudio de la concentración de hidrocarburos organoclorados, la composición de los sedimentos junto con los procesos climáticos, el drenaje de la cuenca estudiada, las actividades en la agricultura y el movimiento de las partículas son elementos de gran importancia (Livingstone, 1978).

En el cuadro 29 se presentan las concentraciones de los compuestos organoclorados detectados en los sedimentos recientes del bajo río Coatzacoalcos; se advierte que las más altas concentraciones corresponden a las estaciones 1, 2, 4, 5 y 16 cuyo valor promedio de carbono orgánico presente en los sedimentos es de 7.5%; por lo tanto, existe una alta correlación entre ambos parámetros (concentración de plaguicidas-contenido de carbono orgánico). Cabe destacar que estas estaciones se encuentran localizadas en el área de influencia de la ciudad de Coatzacoalcos, y que reciben tam-

bién descargas considerables de las plantas de FERTIMEX que operan adyacentes a esa ciudad.

En cuanto a los compuestos organoclorados analizados, el BHC estuvo presente en un 85% de las muestras, siguiéndole el Aldrín, el Dieldrín y el Lindano con un 60%, como los compuestos más abundantes, tal y como lo muestran los cromatogramas correspondientes (figuras 22 y 23, volumen 1 de esta serie). A pesar de que en más del 80% de las muestras analizadas se detectó la presencia de compuestos organoclorados (BHC, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Heptacloro y Lindano), la concentración promedio de éstos fue muy baja (1.56 ppb), lo cual muestra que predominan actividades domésticas e industriales más que agrícolas.

En el río Tonalá, el análisis granulométrico muestra diferencias notables con el río Coatzacoalcos, ya que solamente en 5 estaciones se presenta un contenido de arenas mayor al 70%; pero en cambio el contenido de limo aumenta en 7 estaciones a más del 50%. El contenido de arcillas es semejante al del río Coatzacoalcos, ya que solamente 2 estaciones presentan un porcentaje mayor al 40%. En este río se hace notable el bajo contenido de carbono orgánico en los sedimentos y sólo en dos estaciones su porcentaje es mayor al 5% (11 y 12). Se presenta un valor promedio de 2.65%, debido al escaso aporte continental de carbono orgánico el cual está relacionado con la presencia de algunos parches de manglar y vegetación terrestre circundante (figuras 24 a 30, vol. 1 de esta serie).

Las estaciones con mayor contenido de carbono orgánico son la 11 y 12 (Paso Lagunas y laguna del Yucateco), las cuales están situadas justo donde más se ha preservado el manglar, además de ser sitios que reciben un importante aporte de material orgánico de origen antropogénico como resultado de las operaciones de la planta compresora "Cinco Presidentes" de PEMEX.

En el cuadro 30 se muestran las concentraciones de plaguicidas presentes en sedimentos del río Tonalá. En el análisis destaca la baja concentración de compuestos organoclorados, relacionada con el bajo contenido de carbono orgánico. La estación con mayor concentración de plaguicidas (2.36 ppb) fue la 9, situada frente al poblado San José del Carmen; por lo cual se pudo inferir también que la concentración se relaciona más con descargas domésticas que con

CUADRO 29

CONCENTRACION DE COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS EN SEDIMENTOS RECIENTES  
DEL RIO COATZACOALCOS (\*)

COMPUESTO	E-1	E-2	E-4	E-5	E-6	E-8	E-9	E-12	E-15	E-16	E-17
BHC	—	0.62	0.34	1.10	0.52	0.79	0.62	0.26	0.32	0.40	—
ALDRIN	0.33	—	0.21	—	0.12	—	—	—	—	0.28	0.18
DIELDRIN	1.36	—	—	—	0.36	—	0.22	—	0.20	0.64	—
ENDRIN	0.24	0.36	0.26	—	0.22	—	—	—	—	0.28	—
HEPTACLORO	—	2.06	1.04	0.23	—	0.26	—	—	—	0.62	—
LINDANO	0.27	0.77	0.56	—	—	—	0.32	0.36	—	0.36	0.14
O'P'DDT	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P'P'DDT	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CONCENTRACION T O T A L:	2.17	3.81	2.41	1.33	1.22	1.05	1.16	0.62	0.52	2.58	0.32

\* ppb o  $\mu\text{g}/\text{kg}$  peso seco.

actividades de la agricultura o cultivos de productos vegetales (figuras 31 a 33 del vol. 1 de esta serie). Al igual que en río Coatzacoalcos, el BHC fue el compuesto más abundante, presente en 100% de las muestras; le siguen el Lindano y el Dieldrín, presentes en 40% de ellas. La concentración promedio de plaguicidas para el río Tonalá fue de 1 .06 ppb, cifra notablemente menor que la obtenida para el río Coatzacoalcos.

Las bajas concentraciones de compuestos organoclorados para los ríos Coatzacoalcos y Tonalá pueden ser explicadas con base en la ausencia de actividades agrícolas de importancia en las márgenes de dichos ríos, así como por el alto dinamismo de sus caudales, desfavorable a la adsorción de los compuestos organoclorados en los sedimentos de los mismos. En cuanto a la laguna del Ostión, el análisis granulométrico de los sedimentos (figuras 34 a 39 del vol. 1 de esta serie) nos revela que solamente 3 estaciones de muestreo (2, 9, y 10) presentan un contenido de arenas mayor al 70%, el contenido de limo es mayor al 40% únicamente en las estaciones 4 y 5, y el de arcillas es mayor al 40% en las estaciones 1, 5 y 6. Por lo cual se pudo considerar como una área con sedimentos areno-limosos.

Con relación al contenido de carbono orgánico, este es singularmente mayor al de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá con una concentración promedio de 6.15%, reflejo de un sitio con importantes aportes de material orgánico, tanto de origen marino como continental. Este alto contenido de carbono está íntimamente relacionado con las altas concentraciones de plaguicidas, ya que la laguna del Ostión fue la que presentó las mayores concentraciones, con un valor promedio de 2.70 ppb, doblemente mayor que el detectado para el río Coatzacoalcos y triplemente en el caso del río Tonalá. En el cuadro 31 se anotan las concentraciones de plaguicidas para cada una de las estaciones analizadas. Se presentan en las estaciones 1, 5 y 8 las concentraciones más altas de plaguicidas con valores de 3.56, 5.06 y 4.46 ppb, respectivamente. En este caso también presentaron estas estaciones el contenido más alto de carbono orgánico con valores de 9.5, 11.5 y 11%, respectivamente. Cabe destacar que en éstas se pudieron detectar la mayoría de los plaguicidas como BHC, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Heptacloro y Lindano. Los más abundantes fueron el BHC, Aldrín y Dieldrín.

CUADRO 30

CONCENTRACION DE COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS EN  
SEDIMENTOS RECIENTES DEL RIO TONALA, VERACRUZ. MEXICO (\*)

COMPUESTO	01	03	05	07	09	10	12
BHC	0.32	0.70	1.14	0.52	0.40	0.22	0.20
ALDRIN	—	—	—	0.36	1.42	—	—
DIELDRIN	0.24	—	—	—	0.32	—	0.18
ENDRIN	—	0.16	0.26	—	—	—	—
HEPTACLORO	—	—	—	0.22	—	0.18	—
LINDANO	0.12	0.24	—	—	0.22	—	—
O'P'DDT	—	—	—	—	—	—	—
P'P'DDT	—	—	—	—	—	—	—
CONCENTRACION T O T A L:	0.68	1.10	1.40	1.10	2.36	0.40	0.38

\* ppb o  $\mu\text{g}/\text{kg}$  peso seco.

En los cromatogramas correspondientes a las estaciones 3 y 9 (figura 20) se puede notar claramente la persistencia de BHC, Heptacloro y Dieldrín.

A diferencia del alto dinamismo que presentan los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, la circulación de las masas de agua es muy lenta en la laguna del Ostión. Este hecho, aunado a su somera profundidad y a la lenta renovación de la columna de agua, hacen que ésta funcione como un reservorio natural de ciertos compuestos, entre los cuales pueden considerarse algunos contaminantes, como son en este caso los plaguicidas detectados. Es importante resaltar que en ninguna muestra de sedimentos analizada se logró detectar la presencia de DDT y sus metabolitos, lo cual puede ser debido a: 1) que durante el proceso de secado de las muestras por la técnica empleada, estos compuestos se evaporaron debido a su gran termolabilidad; 2) que por su carácter lipofílico y por su insolubilidad en agua, estos compuestos no se adsorbieron en los sedimentos analizados debido al alto dinamismo que presentan los ríos Coatzacoalcos y Tonalá, que impide una alta acumulación en la columna de agua de partículas en suspensión y 3) que estos compuestos sólo se detectan en áreas inmediatas al lugar de empleo.

Así, la persistencia de los hidrocarburos organoclorados en los sedimentos es muy variable, ya que cada tipo de sedimentos es un complicado sistema con características determinadas por su origen, por el rango de su tamaño de partícula, el contenido de materia orgánica y material coloidal, así como por el tipo de flora y fauna presentes. Sin embargo, se ha reportado que la adsorción del DDT y sus metabolitos en los sedimentos, aumenta en función de la cantidad de humus en la materia orgánica contenida en éstos (Weber, 1972). De igual manera, en la literatura se reportan estudios realizados sobre el contenido de hidrocarburos organoclorados en sedimentos de áreas agrícolas o cercanos a ellas (Carey, 1973; Suzuki, 1973). No obstante, en la actualidad existe muy poca información sobre la concentración de estos compuestos en sedimentos de lagunas costeras, ríos y estuarios.

Por lo tanto, los niveles de concentración de compuestos organoclorados encontrados en el presente trabajo son relativamente bajos comparados con los niveles reportados para otras áreas marinas como la Bahía de Nueva York, en donde

CUADRO 31

CONCENTRACION DE COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS EN SEDIMENTOS  
RECIENTES DE LA LAGUNA DEL OSTION (\*)

COMPUESTO	L-1	L-3	L-5	L-8	L-9	L-10
BHC	0.32	0.18	0.84	0.56	0.24	0.12
ALDRIN	1.46	—	1.70	1.26	—	1.10
DIELDRIN	0.66	0.40	1.22	1.32	0.16	—
ENDRIN	0.52	—	0.62	0.54	—	0.30
HEPTACLORO	—	—	0.26	0.42	0.30	—
LINDANO	0.60	0.26	0.42	0.36	—	—
O'P'DDT	—	—	—	—	—	—
P'P'DDT	—	—	—	—	—	—
CONCENTRACION T O T A L:	3.56	0.84	5.06	4.46	0.70	1.52

\* ppb o  $\mu\text{g}/\text{kg}$  peso seco.

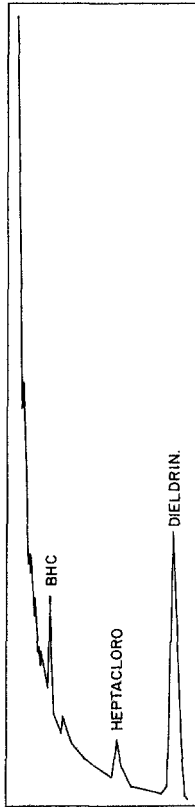


FIG. 20. Cromatograma de los plaguicidas contenidos en sedimentos de La Laguna del Ostión, Veracruz; México.

se encontró DDT en concentraciones desde 0.05 ppb hasta 1 20 ppb en el punto de las descargas de lodos activados.

Con respecto a los escasos estudios realizados previamente en las costas mexicanas, los valores de plaguicidas de los akua de la ríoa Coakzaooaloos y T\_\_-1h y la laguna d® Ostión en Veracruz son similares a los reportados por Rosales y Álvarez-León (1979) para zonas costeras sin impactos ambientales causados por la presencia de estos compuestos, como son la laguna de Términos en Campeche, la laguna de Alvarado en Veracruz y la laguna de Nichupté en Quintana Roo; ya que el DDT y Dieldrín fueron detectados en concentraciones que van de 0.3-2.77 ppb y 0.16-0.50 ppb, respectivamente (tabla 30, volumen 1 de esta serie).

En cambio, las concentraciones son diez veces menores a las registradas para las lagunas Carmen-Machona, Mecocacán y Tupilco en el estado de Tabasco, en donde sin duda las actividades de agricultura desarrolladas en el Plan de la Chontalpa emplean y liberan cantidades importantes de plaguicidas y herbicidas, los cuales, al ser lixiviados de los suelos de cultivo son arrastrados por la lluvia hasta las cuencas lagunares en donde su interacción con la materia orgánica y con el material coloidal suspendido hacen que se fijen y sedimenten, permaneciendo allí por periodos de tiempo largo hasta que la remoción sedimentaria o la bioturbación les permitan ser liberados nuevamente a la columna de agua y por corrientes ser transportados hacia la zona costera adyacente (Rosales y Álvarez-León, 1979; Botello, 1982).

## 2. Plaguicidas en organismos

Los compuestos organoclorados como son el DDT y sus metabolitos, Dieldrín, Aldrín, BHC y los bifenilos policlorados (PCB's) son productos con un alto grado de persistencia en el medio y además tienen la capacidad para ser bioacumulados y biomagnificados, por lo cual producen una toxicidad aguda en los organismos acuáticos (Johnson, 1968). Se mencionó anteriormente que los residuos de los plaguicidas presentes en áreas estuarinas son función de varios factores, a saber: las actividades de la agricultura, el grado de urbanización e industrialización, la precipitación pluvial, características de la cuenca, composición y tipo de los sedimentos, y el contenido graso, el sexo y la madurez sexual, la edad y sobre todo la actividad metabólica (Livingstone, 1978).

Por lo tanto, es de esperarse que las concentraciones de los plaguicidas en los organismos estuarinos varíen ampliamente de lugar en lugar y entre los diferentes grupos taxonómicos que se consideren, así como de especie a especie. Para el presente estudio se analizaron diferentes especies de peces, moluscos y crustáceos colectados en diferentes sitios del río Coatzacoalcos, así como de la laguna del Ostión en Veracruz.

Al igual que en los sedimentos cuyo contenido de plaguicidas se relaciona directamente con el contenido de carbono orgánico en el caso de los organismos, la bioconcentración de plaguicidas se relaciona con el contenido de grasa de la especie debido al carácter lipofílico de los plaguicidas y además al tipo de hábitos alimenticios. Ya se había reportado previamente que aquellas especies con hábitos filtradores (moluscos-bivalvos) pueden bioconcentrar y bioacumular con mayor facilidad los compuestos organoclorados (Butier, 1973; Livingstone *et al.*, 1978).

En el cuadro 32 se reportan las concentraciones de plaguicidas detectados en peces, moluscos y crustáceos analizados. Se observa claramente que los compuestos más abundantes son el HCH y Dieldrín ya que se presentaron en el 100% de las muestras; siguieron en importancia el heptacloro epóxido y el DDT, los cuales se presentan en 98% de las especies analizadas. Conviene señalar este contraste, ya que en los sedimentos no se pudo detectar la presencia del

CUADRO 32

CONCENTRACION DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS ORGANOCORADOS PRESENTES EN ORGANISMOS DEL RIO COATZACOALCOS Y LAGUNA DEL OSTION, VERACRUZ: MEXICO (ppb peso seco)

Localidad	Especie	Nombre común	Extracto Graso %	HCH	Heptacloro Epóxido	Dieldrín	Endrín	Aldrín	DDT
Arroyo Teapa	<i>Chichlasoma mecki</i>	Mojarra	11.1	0.20	0.94	1.20	—	—	0.80
Río San Antonio	<i>Cichlasoma fenestratum</i>	Mojarra negra	7.5	0.60	0.81	1.80	—	—	1.10
Arroyo Teapa	<i>Eugerres plumieri</i>	Mojarra rayada	8.2	0.79	0.45	1.00	—	0.40	1.20
Puerto Comercial	<i>Conodon nobilis</i>	Ronco	8.9	0.65	0.60	2.60	—	0.52	2.02
Río Calzadas	<i>Tarpón atlanticus</i>	Sábalo	4.3	0.43	Trazas	1.40	—	—	1.00
Isla Pajaritos	<i>Mugil curema</i>	Lebrancha	3.8	0.40	—	0.58	Trazas	—	0.70
Litoral	<i>Menticirrhus americanus</i>	Ratón	5.2	0.60	0.79	0.65	—	—	Trazas
Río Coatzacoalcos	<i>Callinectes bocourti</i>	Jaiba	2.1	0.37	0.30	0.60	Trazas	—	0.25
Sta. Alejandrina	<i>Macrobrachium carcinus</i>	Mayacaste	2.5	0.12	0.19	0.37	—	—	0.23
Sta. Alejandrina	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Mayacaste	1.9	0.23	0.21	0.40	—	Trazas	0.42
Isla Pajaritos	<i>Polymesoda caroliniana</i>	Almeja	2.0	1.00	1.20	1.06	0.21	0.68	3.5
Río Coatzacoalcos	<i>Rangia flexuosa</i>	Almeja	2.8	0.85	1.10	1.20	0.23	0.60	3.8
Laguna del Ostión	<i>Mugil cephalus</i>	Lisa	4.1	0.60	Trazas	1.20	—	—	0.40
Laguna del Ostión	<i>Centropomus robalito</i>	Robalo	3.9	0.50	0.62	1.60	—	—	0.70
Laguna del Ostión	<i>Callinectes bocourti</i>	Jaiba	1.9	0.30	0.50	1.00	—	Trazas	0.90
Laguna del Ostión	<i>Polymesoda caroliniana</i>	Almeja	2.1	0.85	1.30	1.40	0.30	0.40	3.6
Laguna del Ostión	<i>Eugerres sp.</i>	Mojarra	3.2	0.40	0.30	0.40	—	—	0.80
Laguna del Ostión	<i>Rangia flexuosa</i>	Almeja	2.4	1.2	1.40	1.90	0.60	0.70	3.0

DDT. Esto quizás sea debido al tejido graso de los organismos, el cual retiene dichos compuestos. Por grupos taxonómicos se observa también una marcada diferencia en cuanto a la capacidad de bioconcentrar los plaguicidas; ésta se presenta en una secuencia que sigue el orden siguiente:

Moluscos-bivalvos > Peces > Crustáceos

Con esto queda probado que en los moluscos-bivalvos tanto del río Coatzacoalcos como de la laguna del Ostión se detectaron todos los plaguicidas analizados y además presentaron las más altas concentraciones de las especies consideradas. Las concentraciones de plaguicidas detectadas en organismos que viven de estas aguas son particularmente bajas cuando se comparan con los resultados de Rosales y Escalona (1983), quienes analizaron organismos de las lagunas del noreste del país (Yavaros y Huizache-Caimanero), las cuales reciben aportes sustanciales de plaguicidas que son empleados en actividades de agricultura que se desarrollan en sus cercanías. De igual manera, las concentraciones reportadas son bajas al compararse con organismos de otros países (tabla 32, volumen 1 de esta serie).

Aunque las comparaciones con grupos taxonómicos diferentes no son del todo válidas, cuando menos nos brindan una idea aproximada de los aportes de plaguicidas en ciertas áreas y el poder de bioacumulación y biomagnificación de ciertas especies. Así, en el estudio realizado por Goldberg *et al.* (1978), en sus resultados del programa de vigilancia de contaminantes en zonas costeras de Estados Unidos, empleando al molusco-bivalvo *Mytilus edulis* como organismo centinela, señala elevadas concentraciones de residuos de DDT en las costas de California, ya que en el área de San Pedro-Los Angeles se observaron valores de 17,000 ppb para DDE y 1,200 ppb para el DDD los cuales son dos de los principales productos de degradación del DDT. Estos valores fueron producidos por descargas municipales y de una planta de manufacturas, se estimó que sólo en 1971 se descargaron en esa área 19 toneladas métricas de DDT.

En contraste con estos datos, Goldberg *et al.* (1978) reporta que para las costas noreste y este de los Estados Unidos, las concentraciones detectadas no son significativamente altas y son primordialmente un remanente del uso del

ablandadores del agua. En última instancia, a estos grupos los aprovechan como nutrientes las comunidades vegetales acuáticas. Si bien el aporte de éstos es excesivo, aun así puede contribuir a un crecimiento desmesurado de la biomasa vegetal, acelerando el proceso de eutroficación.

Considerando el caso particular de las planicies de inundación del sureste de México y, en particular, el área de pantanos localizada entre las ciudades de Coatzacoalcos y Minatitlán, debe advertirse que su deterioro no es sólo producto directo de la industria petrolera y sus complejos petroquímicos, sino también del crecimiento urbano regional y, en mayor escala, de la expansión demográfica nacional, que requiere un aumento en el suministro de energía y de alimentos. Las acciones para asegurar este abastecimiento ejercen una gran influencia sobre los ecosistemas aledaños. La construcción de carreteras, el tendido de oleoductos y gasoductos, así como la implantación de obras para el drenaje de las planicies y el control hidráulico de los ríos, interfieren el desplazamiento normal de las aguas pluviales y fluviales, alteran los ciclos biogeoquímicos ya establecidos y contribuyen a la destrucción del ecosistema. Las escasas investigaciones en el área indican un aporte de sustancias contaminantes, potencialmente tóxicas para los organismos acuáticos y provenientes tanto de los núcleos industriales como de los centros urbanos.

Para la cuantificación de compuestos fenólicos y detergentes en la zona de pantanos del río Coatzacoalcos, se eligió el río Calzadas, afluente de aquél, como área de trabajo, en virtud de la estrecha relación que guarda con la planicie de inundación.

### *1. Fenoles y detergentes en el río Calzadas*

En el cuadro 33 se muestran los niveles de concentración de compuestos fenólicos presentes en el río Calzadas y los valores registrados de agentes tensoactivos. En la figura 19, volumen 5 de esta serie, 1, se representan las variaciones espacio-temporales de la concentración de fenoles.

CUADRO 33

RIO CALZADAS: CONCENTRACION DE COMPUESTOS  
FENOLICOS (mg/l), 1984

Estación	Abril	Junio	Julio	Octubre
1	—	2.60	—	0.10
2	0.17	0.96	—	0.30
3	0.17	1.28	0.32	0.12
4	0.00	0.64	0.21	0.10
5	0.08	0.32	0.64	0.33
6	0.28	1.07	0.64	0.10

## *Detergentes*

El análisis se hizo en dos etapas; la primera, en época de baja precipitación, donde no se registra concentración alguna de detergentes; la segunda, durante el periodo de lluvias, donde los niveles se elevan abruptamente y superan incluso a los detectados en la primera. Tales variaciones sugieren que en la temporada de secas el arrastre disminuye, con el descenso consiguiente en el aporte. En las dos épocas en que se registraron detergentes, los niveles exceden a los reportados como dañinos para la biota acuática (Cairns and Lanza, 1972). Sin embargo es posible que no interfieran la actividad biodegradatoria de los microorganismos: los valores encontrados son inferiores a los que ejercen efectos inhibitorios sobre los mismos (Dart and Stretton, 1980).

## *Consideraciones principales*

1. Tanto las concentraciones de compuestos fenólicos como la de detergentes, exceden los niveles reportados como dañinos para diversos organismos presentes en el ecosistema analizado.



## VI. LLUVIAS ACIDAS

### 1. *La calidad del aire*

Durante el periodo comprendido entre abril de 1984 y junio de 1985, se realizó un estudio con el fin de estimar el grado de contaminación atmosférica en las ciudades de Minatitlán y Coatzacoalcos. Para ello se realizaron muestreos de aire, con la finalidad de evaluar el contenido de partículas suspendidas totales y los niveles de metales pesados: Plomo, Cadmio, Cromo y Cobre, así como determinar los niveles de formaldehído en la precipitación pluvial y en el aire. Compuesto éste último que por su formación de origen fotoquímico, puede considerarse un indicador muy importante de las condiciones del llamado smog fotoquímico en un área contaminada por emisiones industriales, procesos de combustión y vehículos automotores. Al concluir, se continuó con el estudio de la precipitación pluvial iniciado en 1984 y prolongado hasta 1987, en el que además de Minatitlán y Coatzacoalcos, se incluyeron los poblados de Nanchital, Jaltipan y la ciudad de Acayucan.

### 2. *Resultados*

El estudio de la composición de la precipitación pluvial, de las partículas suspendidas en el aire y del formaldehído, arrojó datos muy significativos; y a pesar de que el muestreo fue de sólo un año, éstos proporcionaron información cuantitativa de los contaminantes determinados en el área de estudio.

### 3. *Aire*

*Partículas suspendidas.* El análisis de las partículas suspendidas, obtenidas a través de un muestreador de grandes volúmenes depositados en un filtro previamente pesado, indicó que la masa total de partículas por metro cúbico de aire

muestreado, fue menor que la norma mexicana de  $2751_a \text{ m}^{-3}$ . El valor promedio correspondiente a, la ciudad de Minatitlán fue de  $114_p \text{ m}^{-3}$ , mientras que para la ciudad de Coatzacoalcos, éste correspondió a  $u_60 \text{ m}^{-3}$ . Estos datos revelan que la contaminación por partículas suspendidas de origen industrial o vehicular todavía no ha alcanzado en el área niveles significativos. Por lo tanto, y dadas las condiciones meteorológicas, se puede concluir en el caso de partículas suspendidas, que las condiciones de la calidad del aire son buenas.

En estos mismos filtros se analizaron como ya se ha mencionado, los metales pesados Pb, Cd, Cr y Cu. Los resultados indicaron concentraciones extraordinariamente bajas, a pesar de que el plomo es un contaminante emitido por vehículos de combustión interna que consumen gasolina con tetraetilo de plomo. Este estudio ha permitido conocer que actualmente no existen en el área fuentes importantes de emisión de estos metales, principalmente por complejos industriales.

#### **4. *Precipitación pluvial***

Es ampliamente conocido y demostrado que la lluvia es uno de los mecanismos más importantes del lavado atmosférico, es decir, que durante su caída arrastra - principalmente partículas suspendidas y un gran porcentaje de gases por disolución; además, durante la formación de la nube por corrientes de advección, muchos de estos contaminantes se integran en ella donde son atrapados y algunos de ellos pueden sufrir cambios químicos. Se ha demostrado que el estudio químico de la precipitación pluvial es una herramienta muy útil para evaluar la calidad del aire en zonas contaminadas, debido a que se modifica la composición química de la lluvia. Por medio de este estudio, se pudo establecer el efecto que tuvieron las emisiones accidentales de amoníaco sobre el pH de la precipitación pluvial; asimismo, se determinó la forma sensible en que se incrementan los sulfatos y los nitratos en el agua de lluvia por la emisión del bióxido de azufre debido a la combustión de productos de petróleo con contenido de azufre y de los óxidos de nitrógeno emitidos por procesos de combustión, [producción.de](#) fertilizantes y por vehículos de combustión interna.

La medición del pH en el agua de lluvia tuvo amplios rangos, se encontraron pHs alcalinos de más de 8 unidades, debido precisamente a las emisiones de amoníaco de las plantas de fertilizantes y otros complejos industriales en la zona wlinatitlán-Coatzacoalcos; así como también a la presencia de lluvia ácida no sólo en la zona antes mencionada, sino aun en áreas supuestamente limpias como la Ciudad de Aca-yucan. Es importante notar que la mayor frecuencia de eventos ácidos se registraron en la Ciudad de Minatitlán,, que es precisamente una de las áreas más contaminadas por las emisiones de bióxido de azufre de los complejos industriales y la refinería, así como por la emisión de óxidos de nitrógeno emitidos constantemente por la planta de Fertilizantes del Istmo, en donde se puede observar la emisión constante de humos amarillos de óxidos de nitrógeno que salen de una de sus chimeneas.

Uno de los resultados más importantes que proporciona el estudio de la química de la precipitación pluvial es justo a través del análisis de los sulfatos y de los nitratos. Estudios desarrollados en países altamente industrializados han demostrado que el bióxido de azufre es uno de los gases que en mayor cantidad se emite a la atmósfera y sufre transformaciones por oxidación en fase húmeda o por procesos fotoquímicos. Así, se van formando los sulfitos y los sulfatos que en presencia del vapor de agua en la atmósfera son convertidos a ácido sulfúrico o a las sales correspondientes, como es el caso de la zona de estudio, en que éste es convertido a sulfato de amonio, tal como lo indica el coeficiente de correlación entre el ión sulfato y el ión-amonio, cuyo valor fue de :  $r = 0.579$  p menor a 0.05. Es necesario indicar que una vez que se alcanza el balance iónico, el exceso del ión sulfato se manifiesta en la acidez característica en la lluvia ácida encontrada, lo que señala que la emisión de bióxido de azufre, por lo general, es mayor que los otros iones emitidos.

Por lo que respecta a los sulfatos, éstos fueron predominantes tanto en la ciudad de Coatzacoalcos como en la de Minatitlán, y al compararlos con los valores determinados en otras ciudades como la de México, éstos tuvieron un valor mayor (Minatitlán : Promedio 16.75 mg L<sup>-1</sup>, Coatzacoalcos : 9.66 mg L<sup>-1</sup> y ciudad de México : 1.06 mg L<sup>-1</sup>). Evidentemente, estos altos valores encontrados en ambas ciudades indican que las fuentes de emisión más comunes de sulfatos

y de su precursor el bióxido de azufre se originan en la combustión de sustancias que contienen azufre y provienen de las operaciones de la refinera. En la misma forma, en el área de estudio se encontraron los valores más altos de nitrógeno de nitratos, y al compararlos con la ciudad de México siempre fueron más altos. En Minatitlán el rango fue de 0.1 a 4,85 mg L<sup>-1</sup> , en Coatzacoalcos de 0.1 a 4.1 mg L<sup>-1</sup> y en la ciudad de México de 0.1 a 2.96 mg L<sup>-1</sup> . El origen de estos nitratos puede atribuirse a las emisiones de las plantas de fertilizantes y a la refinación de productos del petróleo en el área de estudio. Los óxidos de nitrógeno están considerados como uno de los contaminantes más nocivos por su acción fotoquímica.

### ***5. Formaldehído en aire y en agua de lluvia***

Se consideró importante la medición del formaldehído tanto en el aire como en el agua de lluvia, porque se ha encontrado que en atmósferas urbanas contaminadas el formaldehído es un importante producto de reacciones fotoquímicas. Las mediciones de este compuesto en el aire han sido empleadas con otros contaminantes para evaluar los niveles del smog fotoquímico. De la misma forma, al estudiarlo en agua de lluvia, nos señala algunos de los mecanismos responsables de la remoción de este compuesto del aire, y su concentración es un índice en que se encuentra presente el formaldehído en una atmósfera contaminada. Es conveniente recalcar la importancia que tiene la medición del formaldehído. Este compuesto es el más importante dentro del grupo de los aldehídos presentes en la atmósfera, ya que es emitido en mayor cantidad y, junto con la acroleína, tiene efectos sobre los humanos que se manifiestan en la irritación de las membranas mucosas de los ojos, nariz y otras del tracto respiratorio. A concentraciones relativamente bajas, produce el lacrimo, situación que fue muy común en la ciudad de Los Angeles, California, durante las condiciones de smog, fenómeno que con frecuencia se presenta en la ciudad de México, sobre todo en los meses de invierno. Los resultados obtenidos de la medición de formaldehído en el aire, nos indicaron que los niveles encontrados en Minatitlán fueron muy semejantes a los medidos en la ciudad de México (1 .8 a 48

ppbv correspondientes a Minatitlán, y 3.9 a 58.7 ppbv a la ciudad de México); mientras que en la ciudad de Coatzacoalcos el valor fue intermedio, con un máximo de 25 ppbv. Como dato comparativo, se señaló la ciudad de Los Angeles, California durante la década de los sesenta como una de las más contaminadas del orbe, caracterizada principalmente por su smog fotoquímico. En esa época los niveles de formaldehído en el aire fueron muy similares a los que actualmente se encuentran en las ciudades de Minatitlán y México. Sin embargo, esas concentraciones se han reducido a aproximadamente la mitad, debido a los estrictos sistemas de control que operan en la ciudad norteamericana.

## **6. *Discusión***

Los estudios realizados durante un año señalaron dos aspectos muy importantes: 1) que la zona es un área en la que además de la contaminación de sus aguas superficiales y del ecosistema terrestre, la atmósfera está siendo fuertemente afectada por las actividades antropogénicas; y 2) que es totalmente insuficiente un estudio de sólo un año de duración, ya que no permite conocer las tendencias, o sea, pronosticar o conocer los posibles incrementos o decrementos de los niveles de contaminación en el aire, ni tampoco evaluar la eficiencia de la aplicación de las normas de control de emisión de contaminantes al aire.

A pesar del corto lapso del estudio, estos resultados nos señalaron que con respecto a emisiones de carácter inorgánico como son partículas suspendidas y metales pesados, todavía al tiempo de realizar el reporte final, no representaban un riesgo potencial a la población, debido a que el contenido de partículas suspendidas ( $m^{-3}$ ) se encuentra por debajo de la norma mexicana; y a que el plomo, uno de los metales emitidos en mayor cantidad, se encuentra en concentraciones tan bajas que no representa ningún riesgo a los ecosistemas. Pero el hecho de que tanto las partículas como los metales pesados suspendidos en el aire no sean significativos y que nos señalen que no existen fuentes importantes de emisión de estos compuestos por procesos industriales, no significa que la atmósfera de las áreas de estudio no esté siendo fuertemente contaminada por otro tipo de compuestos, sobretodo de origen orgánico y de los gases: óxidos de

nitrógeno, bióxido de azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos y niebla de amoníaco. Esta afirmación está respaldada por las mediciones del formaldehído en aire y en agua de lluvia, que como se señaló anteriormente, presentaron niveles tan altos en la ciudad de Minatitlán que ponen de manifiesto la presencia de precursores de este compuesto, como los propios hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y otros derivados de orgánicos, que en presencia del ozono y de la radiación solar nos producen no sólo los aldehídos mencionados sino los peroxiradicales, los alquilradicales y una gran gama de compuestos de formación fotoquímica presentes en una atmósfera altamente contaminada. Se hace énfasis en este aspecto, ya que, reiteramos, la refinería, los grandes complejos petroquímicos, el manejo y distribución de combustibles y derivados del petróleo, así como la explotación, nos hacen suponer que la contaminación atmosférica en el área de estudio es principalmente de origen orgánico y de gases producto de la combustión.

## *Consideraciones principales*

1. Referente al estudio de la calidad del aire, éste debe continuarse, pues se considera que conforme siga aumentando la industrialización del área de estudio, mayor será el volumen de contaminantes emitidos y, por lo tanto, aumentará la degradación de la calidad del aire con perjuicio de sus habitantes y en general del ecosistema.
2. El estudio de la calidad del aire en una zona afectada por un gran número de empresas que están emitiendo una enorme cantidad de sustancias sobre todo de origen orgánico, es una árdua tarea que requiere de amplios recursos tanto económicos como humanos; del apoyo no sólo de las autoridades sino de la iniciativa privada o de paraestatales y de la respuesta positiva de los habitantes, ya que estos son los más directamente afectados. Estudios de esta naturaleza requieren investigaciones básicas, monitoreo continuo, análisis de datos e interpretación de los resultados, para llegar al planteamiento de soluciones y recomendaciones adecuadas, aplicables no sólo a la ejecución del gobierno, sino a normar las actividades de la propia industria, y de esta forma lograr, mediante la aplicación de rigurosas medidas, mantener una atmósfera en condiciones de calidad aceptable, que salvaguarden no sólo la vida y la salud humana, sino también de la biota terrestre y acuática.
3. Se considera que actualmente la contaminación atmosférica en el área de estudio aún no alcanza niveles críticos, en parte porque las condiciones meteorológicas han favorecido en cierto grado el que no presenten aún niveles muy adversos. Se considera que todavía estamos en un sistema reversible; por consiguiente, no debe permitirse que en un futuro próximo se tenga que lamentar un episodio grave de contaminación. Porque no se trata solamente de una necesidad, también un deber de todos los sectores involucrados en este problema, el trabajar y luchar por abatir los niveles de contaminación en todas las fases del ambiente.



CUARTA PARTE  
HACIA UN SISTEMA DE PLANIFICACION  
BASADO EN LA CALIDAD FLUVIAL



Hoy, más que nunca, el manejo de las cuencas hidrológicas del mundo necesita de un enfoque global, ecosistémico, centrado en los mecanismos físicos y biológicos que regulan el funcionamiento de estos supersistemas y en los factores exógenos que determinan sus políticas de aprovechamiento. Sólo la comprensión de cómo funcionan sus mecanismos de generación de nutrientes, sus unidades de almacenamiento, las áreas de mayor productividad biológicas, las zonas de pesquerías más ricas, los complejos sistemas de regulación de la cuenca entera, nos podrá conducir hacia una intervención inteligente en el ecosistema. En términos ecológicos, los sistemas fluviales son las vías que los deltas utilizan para dotar al mar de bienes naturales y de una auténtica multitud de formas de vida. En el ciclo deltaico, procesos físicos, químicos y productividad biológica se encuentran indisolublemente ligados. Los procesos que ocurren a través de la delicada trama de ambientes ecológicos que se dan en la interfase de la tierra y el mar, controlan por entero en el espacio y el tiempo, la diversidad y la riqueza ecológica de un delta.

Sin embargo, la capacidad del hombre de interferir en los balances del ciclo deltaico, no ha corrido en paralelo con su entendimiento de estos frágiles procesos ecológicos. El trabajo geológico de la naturaleza ha requerido de miles de años para formar un delta: 5 mil necesita un río para crear un delta de unas 19 mil millas cuadradas. Valioso recurso que, con alarmante frecuencia, se ve alterado drásticamente, en unas cuantas décadas, por distintas clases de intervenciones humanas.

Desde los países industriales avanzados, hasta los países del Tercer Mundo que experimentan bruscos cambios en sus estructuras productivas, generados, en algunos casos, a partir de sus explosivos programas energéticos -como China, la India, Egipto, Argentina, Venezuela y México- existen numerosos ejemplos que ilustran bien el incomparable valor

ecológico de los ríos y sus deltas y, a la vez, la seria amenaza que se cierne sobre estos recursos insustituibles, por las actividades humanas planeadas y ejecutadas sobre la base de visiones parciales de estos ecosistemas.

La acelerada erosión originada por la deforestación de las cuencas altas; la interrupción de funciones ecológicas vitales por la construcción de presas con fines hidroeléctricos; los programas de acuicultura que sólo han propiciado la introducción de especies exóticas depredadoras de nativas; la degradación genética de la fauna acuática regional y los cambios negativos en los estilos de consumo y de vida de la población; la localización de actividades industriales, comerciales y de servicios en áreas críticas de las planicies de inundación y los estuarios; la expansión de las manchas urbanas a costa de ambientes ecológicos claves; la contaminación aguda de los cuerpos de agua por el vertido masivo y sin tratamientos adecuados de las aguas de desechos industriales y domésticos, constituyen factores adversos que inciden directamente sobre la calidad de los sistemas fluviales.

Ciertamente, un sistema de planificación que se proponga alcanzar elevados niveles de bienestar para la población, basado fundamentalmente en altos niveles de la calidad del agua de una cuenca hidrológica, en el control riguroso de los procesos físico-químicos de los que depende su productividad biológica y en el cuidado de las delicadas interconexiones de los ambientes ecológicos que la integran, es una meta ambiciosa, imposible de alcanzar en el corto plazo. Ni científica, ni social, ni económica, ni políticamente, la mayoría de los pueblos de la tierra se encuentran en condiciones de arribar, pronto, a semejante meta. Habrá, pues, que pensar ambiciosamente, en términos de objetivos de largo plazo. Pero actuar sobre la base de problemas concretos, posibles de resolver en el futuro inmediato y cuyas soluciones sean la base para alcanzar los objetivos más difíciles.

Se trata entonces, *de orientar todos los esfuerzos científicos, institucionales, económicos, sociales y políticos hacia la meta de organizar y reorganizar las actividades humanas en las cuencas hidrológicas, con el propósito de alcanzar una alta calidad del agua, tomando en cuenta toda la amplia gama de factores que la determinan: geohidroquímicos, biológicos, antropológicos, económicos, políticos, culturales y estéticos.*

Habrá que partir del reconocimiento de que una cuenca hidrológica no solamente es importante por su ubicación geográfica con respecto a las fuentes de materias primas exportables; por su papel geopolítico con respecto a los mercados nacionales e internacionales; y por su valor en las estrategias de relocalización de las actividades industriales y los asentamientos humanos en el espacio nacional. Estas pobres visiones unidimensionales, heredadas de las perversiones tecnocráticas a las que nos han conducido nuestros estilos depredadores de producir y consumir, debemos descartarlas para siempre de nuestros criterios de valoración de los sistemas fluviales. Es tiempo de aceptar la verdad de que estos recursos son más importantes, esencialmente por sus [contribuciones al](#) sostenimiento de la vida sobre la tierra; por sus insustituibles funciones ecológicas; por sus profundas vinculaciones con las mayores hazañas culturales de la humanidad; por ser el medio de vida de poblaciones que son las depositarias de algunos de los más preciados valores humanos; y porque se trata de un patrimonio del género humano de cuya calidad depende, en un alto grado, su posibilidad de vivir.

A partir de la aceptación de un nuevo código ético con respecto a estos recursos, habrá que diseñar una política para sus utilizaciones que sea determinada, autolimitada y controlada, por el hecho de que el hombre no es su único y ni siquiera su principal beneficiario. Tal política ajustará todas las acciones humanas al mantenimiento de la productividad biológica de la cuenca hidrológica y deberá afrontar el complejo problema de traducir a acciones de planeación los procesos que controlan el ciclo fluvial completo.

Identificando las unidades ambientales que le integran, desde las serranías de las cuencas altas hasta los distintos ambientes costeros; conociendo sus diferentes funciones, a través de un bien planeado y sistemático programa que enlace la investigación científica, la docencia y la formación de los recursos humanos necesarios, en horizontes de largo plazo; controlando, y aún penalizando, las actividades humanas que interfieran en estas funciones vitales, sobre todo en las planicies de inundación y los estuarios; desarrollando una base de datos, que permita afinar los modelos conceptuales de las cuencas hidrológicas.; ejecutando amplios y sistemáticos programas educativos entre la población escolar, desde

la preprimaria hasta los niveles más altos de la educación universitaria y entre los diferentes estratos de la población, particularmente la que habita en las cercanías de áreas ecológicas vitales; y creando vinculaciones estrechas entre la investigación científica básica y aplicada y los procesos de planificación capaces de desarrollar masivamente los nuevos descubrimientos, las técnicas de manejo, los materiales mejor adaptados a las condiciones ecológicas de cada ambiente.

Sólo afrontando conscientemente estos retos podremos incrementar nuestras probabilidades, hoy muy escasas, de formular un buen plan de manejo de nuestras cuencas hidrológicas. En todo caso, es una tarea ajena por completo a la creación de pesados, costosos e inservibles aparatos tecnoburocráticos a los que tan proclive es nuestro actual sistema de planificación. No se trata de realizar inversiones multimillonarias que, muy a menudo, sólo van a parar en manos de quienes controlan el poder económico y político; o en las de quienes tienen las mejores relaciones con dicho poder. Se trata más bien de crear un sistema flexible de planificación, capaz de incorporar los múltiples esfuerzos de la comunidad científica en torno a los problemas que amenazan nuestras cuencas hidrológicas; de asumir la tarea compleja de coordinar investigaciones interdisciplinarias con objetivos precisos de corto, mediano y largo plazo., en, términos del manejo de dichas cuencas; de establecer los enlaces con los mecanismos de las tomas de decisiones y los diferentes sectores de la población involucrada, a fin de hacer de los programas de manejo auténticas tareas de participación colectiva. Nada de esto tiene que ver con estructuras burocráticas, ni con proyectos espectaculares, que nunca se cumplen, y que sólo generan mayor frustración entre la población a la que supuestamente beneficiarán. Sino de un esfuerzo paciente, que no rendirá frutos inmediatos. Ni las metas más concretas y de corto plazo se alcanzarán sólo con propósitos declarativos, con buenas intenciones, o con grandes presupuestos. El camino por recorrer será largo y llegar a la meta dependerá de nuestra capacidad para consolidar un mecanismo efectivo de planificación flexible, capaz de movilizar los recursos humanos e institucionales existentes dentro y fuera del país, en favor de la causa de la calidad fluvial.

# I. Las medidas de manejo

Los quince años transcurridos entre las primeras investigaciones emprendidas en la cuenca del río Coatzacoalcos para evaluar los impactos ecológicos del desarrollo industrial y los trabajos [que se](#) resumen en este volumen, dan cuenta de una preocupación central de la comunidad científica: desarrollar una investigación básica orientada no solamente a conocer cómo funciona el sistema ecológico, sino también a generar una información útil para el manejo de los sistemas fluviales. Si estas metas no se han alcanzado, difícilmente podrá atribuirse a la comunidad científica nacional la falta de interés o de objetivos precisos en el análisis de uno de los mayores y más complejos problemas que enfrenta nuestro proyecto social. La inmensa mayoría de las investigaciones realizadas en este periodo han abordado cuestiones claves: las características y los niveles de las principales sustancias tóxicas y las fuentes de la contaminación industrial, planta por planta; los violentos procesos de destrucción de los últimos reductos de selvas tropicales en Veracruz, en el Valle del Uxpanapa y en la Sierra de los Tuxtlas; las investigaciones sobre los recursos pesqueros, desde la perspectiva de la alimentación de la población local; las características hidrológicas del sistema fluvial y su relación con las pesquerías, los graves problemas de la contaminación por metales pesados e hidrocarburos y sus impactos sobre los seres humanos.

Con fidelidad y respeto a la filosofía que ha normado estos esfuerzos, los trabajos emprendidos entre 1982 y 1987 recuperan las medidas propuestas por la comunidad científica.

Es sobre estas bases, que se realizan las siguientes proposiciones de manejo, hechas en el orden en que han sido expuestos los diversos tópicos abordados en esta investigación.

## 1. Las prioridades en torno a los recursos bióticos

### La vegetación

1. Revisar y fortalecer el sistema de parques nacionales y reservas ecológicas del país, con el propósito de poner especial atención en dos áreas críticas: la región ubicada entre las serranías de Tres Picos, Los Chimalapas y los ríos Uxpanapa y Cintalapa; y la Sierra de los Tuxtlas.

2. Desarrollar investigaciones botánicas sistemáticas y multidisciplinarias con el propósito de: a) conocer a fondo los recursos de áreas críticas; b) desarrollar estrategias de usos múltiples; y c) rescatar el acervo de conocimientos empíricos de las poblaciones acerca de los usos de las plantas, particularmente entre los popolucas y los mixes.

### La fauna acuática

1. Una importancia especial debe otorgarse a los aspectos de ordenación de las aguas interiores y las pesquerías de la región.

2. Las opciones de ordenación plantean tres medidas que consideran los ambientes particulares del área:

a) *Ordenación reguladora de las pesquerías de lagunas y esteros.* Se trata de prácticas tecnológicas, administrativas, de regulación de las pesquerías, vedas y cotos.

b) *Ordenación no reguladora de las pesquerías de lagunas y esteros.* Se basa en la aplicación de métodos para incrementar las posibilidades pesqueras y acuícolas, mediante la manipulación del medio: diversos tipos de obras hidráulicas, control de depredadores, siembra y criaderos artificiales.

c) *Ordenación de recursos en aguas interiores.* El espacio geográfico de la región se conforma por un sinnúmero de cuerpos acuáticos que permiten la existencia de una diversidad de recursos faunísticos de considerable importancia local. Esta multiplicidad de hábitats coloca a la zona como un área privilegiada en el sureste de México.

Desde nuestra perspectiva, una escala jerárquica de los recursos, atendiendo a su importancia alimenticia y comercial, es la siguiente: la tortuga lagarto *Chelydra serpentina*; el langostino *Macrobrachium carcinus*; el pejelagarto *Atractos-*

*teus tropicus*; el langostino de río *M. acanthurus*; la acamaya *M. offersi*; el camarón reculador *P.* (A) llamase; la tortuga tres lomos *Strurotypus triporcatus*; el cangrejo de tierra *Cardisoma guanhumi*; la naca *Dormitator maculatus*; el bagre de agua dulce *Ictalurus meridionales*; el mamichi *Dorosoma anahe*; la almeja de río *Ariodonta* ssp.; y el pichichi *Dendrosigma automnalis*.

## La avifauna

1. Para completar el inventario iniciado, se recomienda muestrear el interior de la zona de matorrales en la porción interna de la región de dunas, así como las regiones de más difícil acceso en el pantano. Recorridos a pie a lo largo de las comunidades de vegetación secundaria del río Coatzacoalcos también deben proporcionar especies adicionales.

2. Se recomienda un estudio específico sobre el estado actual de las poblaciones residentes y migratorias de patos en los humedales de la zona, dada su importancia alimenticia y deportiva.

3. Asimismo, estudios que definan tanto la importancia de los humedales para las especies migratorias, como su dinámica migratoria. El comportamiento de estos aspectos representa una herramienta útil para planificar el uso de los ambientes y apoyar planes y acciones de restauración ambiental.

4. Deben iniciarse monitoreos periódicos de la producción anual de huevos y pollos en algunas de las garcerías reproductivamente activas de la zona. Estos estudios no sólo generarían información biológica necesaria; también proporcionarían datos para detectar el posible efecto de las modificaciones ambientales sobre dichas poblaciones, en particular sobre su éxito reproductivo.

5. Debe llevarse a cabo un estudio de factibilidad para tratar de restaurar las playas de Coatzacoalcos. El costo sería comparativamente bajo dados los potenciales beneficios sociales, económicos y ecológicos que esta acción generaría.

6. Hay que realizar un seguimiento de las poblaciones de pelícanos, garzas, gaviotas y gaviotines que habitan en la laguna del Ostión. Modificaciones drásticas en sus números pueden interpretarse como una señal de alarma que debe ser tomada en cuenta.

7. Poner en marcha investigaciones que contemplen el potencial de las rapaces como bioindicadores.

8. Las observaciones en el transecto PEMEX (Santa Alejandrina) deben continuar con miras a recabar datos que permitan evaluar la efectividad de los esfuerzos de restauración ambiental, en función de las especies de fauna silvestre que vuelvan a hacer uso de ellos.

## *2. Las prioridades en torno al control de las actividades humanas*

### **La contaminación bacteriana**

1. Es urgente establecer una estrategia de acción que se proponga dar acceso a la población a una agua limpia, a fin de cubrir los dos aspectos indisolubles de éste problema: la dotación de agua potable y el tratamiento de los desechos.

Resultará inalcanzable esta meta sin abordar conjuntamente ambos aspectos, tanto en los centros urbanos como en las poblaciones rurales.

2. Dado que en las ciudades analizadas, un alto porcentaje de problemas surgen del mal estado de las redes de distribución, resulta indispensable su revisión inmediata a fin de ejecutar acciones eficaces de reparación. Poco servirán los esfuerzos para dotar a la población de agua potable suficiente, y tratarla de un modo adecuado, si después se va a distribuirla en una red deficiente.

3. Las principales poblaciones deben canalizar sus esfuerzos hacia el tratamiento de sus aguas de desechos. Habrá que evitar las descargas a los cuerpos de agua sin tratamiento.

4. Existen zonas ecológicas críticas en las que habrá necesidad de desarrollar esfuerzos especiales. Es el caso de las playas de Coatzacoalcos, en las que es preciso evitar las descargas de agua no tratadas y proteger las áreas de dunas de ocupaciones urbanas y de ser utilizadas como materiales de construcción. También es el caso de la laguna del Ostión, donde el potencial de sus valores recreativos y acuaculturales regionales no podrán aprovecharse sin una mejora sustancial de la calidad de sus aguas.

5. Si solamente se atienden los problemas urbanos, sin poner atención a las comunidades rurales, la baja calidad del

agua probablemente no cambiará sustancialmente. Es preciso hacer esfuerzos paralelos, aldeas por aldeas. Es indispensable montar un sistema eficaz y permanente de monitoreo de las fuentes de abastecimiento, de las redes de distribución del agua potable y de los centros críticos de consumos colectivos como escuelas, hospitales, y demás.

6. Dadas las restricciones financieras, humanas e institucionales actuales, resultará indispensable una combinación de tecnologías modernas, altamente sofisticadas y costosas, con adaptaciones que permitan desarrollar tecnologías no convencionales y a pequeña escala: casa por casa y de poblado en poblado.

7. Se requerirá del cuidadoso montaje de una infraestructura científica y tecnológica de apoyo. Esta tendrá que generarse a partir de las propias estructuras locales: la universidad y otros centros de enseñanza; las asociaciones de profesionistas, principalmente aquéllas ligadas con los problemas de salud pública; y los técnicos de las empresas estatales y privadas, vinculadas al manejo del agua.

8. Un alto porcentaje del éxito dependerá de la participación activa de la población, sobre todo la de las áreas rurales y urbanas marginales. *Promover esta participación será un asunto clave de la estrategia hacia un agua limpia.*

### **Los metales pesados**

1. Los niveles detectados tanto en sedimentos como en organismos, hacen de la región del río Coatzacoalcos una *área crítica* en términos de contaminación por esta clase de sustancias tóxicas. Su sola presencia, por encima de los niveles considerados como normales en los ecosistemas estudiados, plantea la extrema urgencia de controlar de inmediato las fuentes de emisión y tomar decisiones para afrontar la amenaza de los efectos sobre la salud humana por el consumo de peces contaminados.

2. La comunidad científica nacional ha llamado la atención acerca de esta situación desde hace 15 años. Existe la información básica para tomar las decisiones más drásticas. Se conocen las fuentes de emisión (Halffter, *et al.*, 1972). Se sabe acerca de sus procesos geoquímicos en el ambiente (Báez, *etal.*, 1975; Ibarra, *etal.*, 1973). Se han determinado los efectos sobre organismos (Halffter, 1972; Rosas,

1975; Botello y Páez, 1986). Y aún se poseen datos acerca de los efectos sobre la salud humana (Pérez Zapata, 1986). Nada, pues, justifica que no se tomen las decisiones al respecto.

3. Con estos elementos aportados por la comunidad científica y, ante la delicadeza y complejidad de la contaminación por metales pesados, resulta necesario que los sectores gubernamentales, en sus diferentes niveles, trasciendan sus planteamientos y propósitos declarativos, para ejecutar acciones inmediatas: dotar a las unidades industriales de sistemas de tratamiento de desechos; regenerar ambientes ecológicos vitales; y controlar, rigurosamente, el consumo de peces contaminados. Que las empresas públicas y privadas emisoras de sustancias tóxicas cumplan verdaderamente con sus compromisos de controlarlas. Y que con la participación de la comunidad científica se establezca una comisión permanente de monitoreo y vigilancia.

4. Mucho queda aún por conocer acerca de los efectos de los metales pesados en el ambiente. En el área del río Coatzacoalcos estos conocimientos se han generado sobre la base de acciones aisladas. Desde las investigaciones pioneras del equipo dirigido por Halffter y Ochoa en 1972, no se ha logrado desarrollar la infraestructura científica y tecnológica necesaria para dar continuidad a estos esfuerzos rigurosos, hechos por especialistas. Esta es, también, una necesidad urgente, en términos de acciones inmediatas.

## **Los hidrocarburos**

1. En términos de contaminación por hidrocarburos, la región del río Coatzacoalcos es el caso más dramático que podemos presentar del desequilibrio entre la magnitud e importancia de sus actividades petroleras y la calidad de su medio ambiente. La región tiene la mayor concentración de plantas petroquímicas básicas y secundarias que existen en México, y es una de las mayores concentraciones industriales de Latinoamérica y del Tercer Mundo, Además, también es el área más impactada por las actividades petroleras de la costa mexicana y una de las más contaminadas en el mundo. Esta situación plantea problemas que es urgente resolver. El primero de ellos se refiere a la inexistencia de una política ambiental por parte de los organismos responsables

-PEMEX, SEDUE y SEPESCA- para afrontar los problemas que aquejan al área. Si por esto se entiende una manera de orientar sus acciones con el objetivo específico de proteger la delicada organización de un sistema ecológico complejo como lo es el sistema fluvial. La razón es que resulta imposible elaborar y poner en práctica una política sin los conocimientos básicos acerca del modo como opera este sistema ecológico; ni tampoco si se ignora cuáles son los mecanismos que controlan su maravillosa complejidad y la delicadeza de sus interacciones; cuáles sus respuestas a los cientos de componentes presentes en los diferentes tipos de petróleo; y qué conductas tienen los organismos acuáticos ante la presencia del petróleo.

Es de importancia vital llenar estos vacíos. Pero para dar pasos firmes en esta orientación, es preciso reconocer ciertas carencias básicas: el país no cuenta con ecólogos entrenados en las ciencias fluviales, ni con planificadores capaces de entender el manejo de estos ecosistemas con base en criterios de calidad ambiental. La infraestructura científica y tecnológica es completamente insuficiente para hacer frente a la enorme gama de problemas que plantea la explosiva expansión de las actividades petroleras. Bastarían dos ejemplos para darnos una idea de lo que esto significa. En toda la región petrolera del sureste de México no existe un laboratorio, una estación de monitoreo eficientemente equipados y con el personal científico de alto nivel y los técnicos que se requieren. El estado de Veracruz, con algunos cientos de kilómetros de litoral, con una intensa actividad petrolera desde principios de siglo y con una universidad que destina algunos cientos de millones de pesos a la investigación, no cuenta en la actualidad con un solo bioquímico de alto nivel especializado en el análisis de los hidrocarburos. Y mucho menos, familiarizado con sus efectos sobre los ecosistemas acuáticos costeros tropicales.

Esta situación no puede prolongarse más. Con el concurso de las instituciones responsables de la política científica y tecnológica, de las comunidades científicas nacionales (principalmente de quienes hayan realizado trabajos de investigación en el área) e internacionales (organismos vinculados al monitoreo y vigilancia de la contaminación por hidrocarburos en zonas costeras), de los organismos gubernamentales res-

ponsables (PEMEX, SEDUE, SEPESCA), y las instituciones locales (UV), se debe concertar un plan de acción inmediato y a largo plazo orientado a:

- Cubrir nuestros enormes vacíos en el conocimiento de cómo funcionan los ambientes costeros críticos: las lagunas, estuarios, manglares, ríos y planicies de inundación, donde se realizan actividades petroleras.
- Desarrollar nuestros conocimientos acerca de los efectos del petróleo y sus productos sobre tales ambientes. Y consagrar recursos especialmente a:
  - Evaluar el papel del petróleo en la . difusión de cancerígenos en el ambiente.
  - Conocer si el petróleo actúa independientemente, sinérgicamente, o en forma antagónica, con otras sustancias tóxicas, vertidas, también sin ningún control sobre el medio.
  - Conocer los-efectos de largo plazo de la contaminación por el petróleo sobre los ecosistemas de importancia crítica: saber si causa cambios genéticos, si afecta a los procesos reproductivos, si incrementa la susceptibilidad a las enfermedades, en diferentes niveles de la organización vital.

Poner en práctica una bien meditada estrategia para montar, paso a paso y no con inversiones espectaculares que crean improductivos elefantes blancos, centros de investigación regionales, capaces de generar la masa crítica de científicos y técnicos de la que hoy se carece. La atención deberá centrarse en: un centro de investigaciones sobre los efectos del petróleo y sus productos en ambientes costeros tropicales. Se le dará prioridad a estuarios, lagunas costeras, ríos, pantanos y manglares.

- Programas especiales de investigaciones continuas y de largo plazo, que incluyan investigadores visitantes del más alto nivel, trabajos coordinados entre instituciones nacionales y locales; programas de entrenamiento dentro y fuera del país para científicos y técnicos locales.
- Programas especiales para evaluar los derrames ac-

cidentales, que mantengan al día una adecuada base de datos sobre las características del petróleo derramado, y sobre las características del medio ambiente y las de comunidades biológicas más sensibles.

Esto no es una utopía. Hacia estos objetivos apuntan algunos de los esfuerzos realizados por la comunidad científica en sus varios años de trabajo en la región del Coatzacoalcos. Sólo que se ha carecido de la continuidad necesaria. Y quienes toman las decisiones han pretendido ignorar de un modo sistemático las recomendaciones que se han generado. ¿Hasta cuándo hemos de postergarlas? ¿Cuántos derrames más necesitaremos para ser conscientes de la magnitud de estos problemas?

2. En términos de política energética, la preocupación central ha sido la de formar los cuadros técnicos que el país ha requerido para la producción de hidrocarburos en sus distintas fases. Desde la nacionalización hasta el *boom* petrolero que se inició en los años setenta. Es tiempo ya de introducir algunos cambios cualitativos en este objetivo. Lo que requiere de ajustes en los sistemas de enseñanza, a fin de producir técnicos de alta calidad con conocimientos básicos acerca de los ambientes ecológicos en los que han de operar. Esto debe convertirse en una preocupación central de las escuelas de ingeniería petrolera y del Instituto Mexicano del Petróleo. Estas instituciones deberían tomar en cuenta los siguientes hechos:

En la actualidad, ecólogos, biólogos e ingenieros petroleros, trabajan conjuntamente para establecer tecnologías apropiadas para el manejo de actividades petroleras en ambientes costeros, en contextos ecológicos similares a los nuestros. Existen centros como los de Baton Rouge, de la Universidad de Louisiana; y la Oficina de Servicios Biológicos del Departamento de Pesca y Fauna Silvestre; las Universidades de Miami, Texas, A. M. de los Estados Unidos, que han elaborado manuales de manejo y desarrollado técnicas que es preciso conocer.

Lo que no se puede es seguir por el mismo camino de

formar técnicos eficaces para producir petróleo, pero ignorantes e insensibles al medio ambiente ecológico y social donde actúan. El futuro cobrará caro estas visiones unidimensionales, tecnocráticas, acerca de nuestros recursos y de nuestra sociedad.

En adelante, tampoco la capacidad económica del país nos permitirá continuar por la vía de la realización de interminables reuniones para discutir problemas ambientales y cuyas conclusiones jamás se llevan a la práctica luego de realizados estos honerosos eventos.

### **Los plaguicidas y fertilizantes**

1. Dado que es amplia la perspectiva del desarrollo de planes agropecuarios en las cuencas alta y baja, el control de los usos de plaguicidas y fertilizantes químicos debe ser prioritario. El monitoreo de estas sustancias en el ambiente debe ser sistemático, particularmente en las áreas de mayor importancia biológica y pesquera. Los controles de laboratorio sobre las especies de importancia alimenticia deben ser cuidadosos en extremo.

2. De igual manera, el análisis de estos compuestos tendrá que realizarse en alimentos de consumo humano e incluso en muestras de sangre y leche materna, a fin de evaluar sus impactos ecotoxicológicos en habitantes de las áreas donde sus usos son amplios y prolongados.

### **Las lluvias ácidas**

Las investigaciones sobre la calidad del aire deben continuar hasta llegar al montaje de un sistema de monitoreo permanente, capaz de identificar los impactos sobre la calidad del agua de la cuenca, los principales recursos bióticos y la salud humana. Esta es una de las líneas de investigación de largo plazo que mayores esfuerzos requiere, por su alta sofisticación y por su prolongado proceso de maduración, antes de arribar al conocimiento de los efectos. Los primeros pasos, sin embargo, ya han sido dados en esta orientación, y es básico que sean tomados en cuenta.

## II, LAS ESTRATEGIAS

La base política de un sistema de manejo de nuestras cuencas hidrológicas, tendrá por fuerza que nutrirse de un vasto programa de investigaciones científicas debidamente articulado. Dicho sistema tendrá como meta principal conservar los valores ecológicos, económicos y sociales de las cuencas a través del mantenimiento de la alta [calidad.de](#) sus procesos vitales,

Desde este enfoque deberán derivarse algunas estrategias de acción orientadas a conservar intactas las funciones ecológicas de algunos ambientes; y desarrollar técnicas adecuadas y mecanismos de control para el uso de otros,

Claros objetivos políticos, una sólida base científica y adecuadas estrategias de acción, deberán combinarse a fin de:

1 . Establecer un bien planeado programa de conservación y utilización de recursos de la Cuenca Alta, Para lo que será preciso:

Tomar medidas rígidas de control para mantener las funciones ecológicas de sus principales asociaciones vegetales y de sus fuentes de nutrientes y minerales. Especial atención deberá ponerse en las áreas de interés botánico señaladas.

- Ejecutar programas orientados al uso múltiple de los recursos sobre todo al aprovechamiento rigurosamente controlado de su riqueza forestal; y a la utilización de técnicas agropecuarias, para evitar la erosión y la incorporación de sustancias químicas (fertilizantes y plaguicidas) que alteran los equilibrios bióticos de los ambientes acuáticos,

Poner énfasis en el desarrollo de técnicas productivas compatibles con los valores culturales de la población,

2. Desarrollar en la Cuenca Baja un programa de usos múltiples y de manejo integrado que incluya sus recursos vi-

vos y no vivos; la vida silvestre, las pesquerías, la recreación, y sus importantes actividades industriales, comerciales y de transporte. Para ello será preciso:

Poner en marcha un extenso y consistente programa para ayudar a los usuarios a realizar la mejor localización de sus actividades y a adoptar las técnicas más adecuadas para los diferentes usos: industriales, comerciales, habitacionales, recreativos, culturales, y demás.

- PEMEX, FERTIMEX, APSA y las demás empresas industriales del sector privado que integran el complejo portuario, deberán sujetarse rigurosamente a las normas de control de sus emisiones y seguir planes de desarrollo de tecnologías especialmente adaptadas a las condiciones ecológicas de los diversos ambientes que integran la cuenca baja. PEMEX deberá contar, por lo menos, con tres planes de control de contingencias: el del puerto costafuera, el del puerto petrolero y el de protección de la planicie de inundación.

Todas las demás actividades humanas en la cuenca baja deberán ser planeadas y controladas a fin de evitar al máximo:

- Los desequilibrios en la oferta natural de nutrientes y sedimentos a la cuenca.
- Los desequilibrios en los factores físico-químicos que controlan la productividad biológica.
- Las descargas negativas de compuestos orgánicos e inorgánicos.
- La descarga de patógenos;
- La destrucción o (as alteraciones adversas de los estuarios, pantanos, playas, dunas y otras áreas biológicamente valiosas.

3. La desaparición, al parecer ineluctable, de los núcleos indígenas que pueblan la Cuenca Baja del río Coatzacoalcos hace absolutamente urgente emprender un programa cuidadoso y sistemático de rescate del patrimonio cultural de la región.

4. Dado que el área cuenta con un amplio número de urbes olmecas no estudiadas y víctimas del saqueo de traficantes de joyas arqueológicas, es urgente emprender un programa de rescate y de conservación de este invaluable patrimonio cul-

tural de la nación. Urge una revaloración con criterios que tomen en cuenta a la población local en el cuidado y la protección de su propia riqueza cultural.

5. Poner en marcha un programa coherente y sistemático de manejo de los recursos pesqueros, que enlace las pesquerías de aguas interiores, las estuarianas y las del litoral. Enfocado principalmente a resolver los problemas alimentarios de la población regional.

6. Será de importancia fundamental continuar las investigaciones básicas emprendidas para conocer la ecología de la planicie de inundación, a través de un programa de largo plazo, a fin de conocer a fondo la naturaleza de sus procesos hidroquímicos y biológicos y la de sus interconexiones con los ambientes costeros adyacentes y prevenir los impactos negativos de las alteraciones humanas.

Finalmente, una cuestión crucial, que no será posible pasar por alto: un plan de manejo de esta clase debe apoyarse en una sólida política de participación popular. El diseño y la ejecución del plan deberá ser una tarea esencialmente *colectiva*. Poco, o nada, se logrará sin el apoyo de los diferentes sectores de la población a los programas de investigación básicas y aplicadas, y a la ejecución de las estrategias de manejo. Lo que requerirá de una ciencia que involucre a todos, que sea altamente rigurosa y capaz de orientar sus resultados a la solución de problemas de importancia vital para la sociedad; y de una población dispuesta a apoyar los trabajos científicos de largo plazo y los complejos procesos que exige la búsqueda de la técnica adecuada y el método a seguir. Ambos requisitos deberán cumplirse, si se quiere superar con éxito los difíciles obstáculos que hoy se oponen a un mejor aprovechamiento de nuestros recursos hidrológicos.



# BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

AART, R. VAN, 1974.

"Drainage and Land Reclamation in Lower Mesopotamian Plain".

In: *Nature and Resource*. Vol. X. No. 2,

ALFARO, J., 1984.

"Water supply and sanitation in Latin America, experience of the interamerican development bank". En: *Water quality bulletin*. Vol. 9. No, 4. Octubre 1984. pp. 195-199.

AHL, K. T., 1985.

"Water quality monitoring in Sweden". In: *Water quality bulletin* Vol, 10. No. 2 pp. 82-90,

BALMER, P., 1982.

"Water pollution control in Sweden". In: *Water quality bulletin* Vol. 7, No, 3. pp. 127-130.

BEYER, M. G., 1984.

"Water quality for children, mothers and others". En: *Water quality bulletin*. Vol, 9. No. 2. Abril, 1984- pp. 102-105.

BUCH, R. L., 1982.

"Water pollution control technology in the U.S.A." In: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 3, pp, 107-12.

BUTORIN, N. V., 1982.

"A brief ecological survey of the Volga river". In: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 4. pp. 169-174.

CEES, M. L., POELS, *et al.*, 1978.

"Toxic substances in the Rhine River" In: *AMBIO*. Vol. VII. No. 5-6. pp. 218-225.

CSE: CENTER FOR SCIENCE AND ENVIRONMENT, 1982.

*The State of Indias Environment*. Nueva Delhi. p. 17.

CHAUDHURI, N., 1985.

"Water quality monitoring: the indian experience". In: *Water quality bulletin*. Vol. 10. No. 2. pp. 67-74.

DHILLON, G. S., 1981 .

"Stability of the Irrigation System in the Indus Basin". In: *Water international*. Vol. 6. No. 2. pp. 83-91 .

EGBUNIWE, N., 1982.

"Characteristics and disposal problems of industrial wastes en Nigeria". En: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 1 . Enero. 1982. pp. 17-19.

EL-GAMAL, A. and Y., SHAFIK, 1985.

"Monitoring of pollutants discharging lo the river Nile and their effect on the riverwaterquality". In: *Water qualitybulletin* Vol. 10. No. 3. pp. 111-115.

FANO, E., y M., BREWSTER, 1982.

"Industrial water pollution control in developing countries". En: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 1 . Enero 19 82. pp. 3-12.

FUJIWARA, M., 1985.

"Water quality monitoring in Japan." In: *Water quality bulletin*. Vol. 10. No. 3. pp. 120-125.

HAMZA, A., 1982.

"Application of biofiltration to heavy industrial wastes in Egypt." En: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 1 . Enero. 19 82. pp. 12-16.

HAMZA, A. SAAD, S. y F., HAMODA, 1982.

"Treatability studies of combined industrial wastewaters in Egypt." En: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 1. Enero. 1982. 32 p.

HAMZA, A., and J. D., GALLUP, 1982.

"Assessment of industrial pollution in Egypt". In: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 2. pp. 56-61.

HELMER, R., 1984.

"Drinking water quality in small community supplies". Vol 9. No. 3. pp. 161-162.

HENDERSON, D., 1965,

"Arid Lands Under Agrarian Reform in Northwest-Mexico". En: *Economic Geography*. 41, (41): pp. 304-306.

IH: INSTITUTE OF HEALTH, ACADEMIC OF MEDICAL SCIENCIES.  
PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 1982.

"The Yellow river." In: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 4. pp. 176-177.

IH: INSTITUTE OF HEALTH, ACADEMIC OF MEDICAL SCIENCIES.  
PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 1982.

"Water quality of the Yangtzé river." In: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 4.

KHAN, H. U., 1982.

"Industrial waste characteristics in Anambra State of Nigeria." En: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 1. Enero 1982. pp. 38-41.

KAMINSKY, V. S., 1984.

"Industrial sewage control in the URSS." In: *Water quality bulletin*. Vol. 9. No. 1. pp. 3-6.

KANDIAH, A., 1987.

"Water quality in food production." In: *Water quality bulletin*. Vol. 12. No. 1. pp. 3-13.

KUBO, T., 1983.

"Water pollution control technology in Japan." In: *Water quality bulletin*. Vol. 8. No. 4. pp. 196-204.

NORMAN, G., 1978.

"Information Systems for the Control of Toxic Chemical in the Environment." In: *AMBIO*. Vol. VII. No. 516. pp. 271-274.

NWAFOR, J. C., 1982.

"Water pollution from mineral resource exploitation and industrialization in Nigeria." In: *Water quality bulletin*. Vol. 7. No. 2. pp. 62-65.

PETERSON, J., 1978.

"Seveso: The Event." In: *AMBIO*. Vol. VII. No. 5-6. pp. 232-233.

SMIL, V., 1982.

"Ecological Mismanagement in China." In: *Bulletin of the Atomic Scientists*. Vol. 38. No. 8. p. 22.

UNEP, 1978.

"Chemicals and the Environment." En: *The State of the World Environment 1978*. Reporte del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

VEEBM VABDER CIRBEKUYS, 1984.

"Can the water decade succeed?" En: *Water quality bulletin*. Vol. 9. No. 3. pp. 163-167,

VOLLENWEIDER, R. A., 1981.

"Eutrophication: a global problem." In: *Water quality bulletin*. Vol. 6. No. 3. pp. 59-62.

WHITE, M. J. D., 1982.

"Water pollution control in the United Kingdom." En: *Waterqualitybulletin*. Vol. VII. No. 7. No. 3. 1982. pp. 113-117.

WRI: World Resources Instituto: *WorldResources. 1986. An Assessment of the Resource Base that Supports the Global Economy*. Caps. 2, 3, 4 y 8. Ed. por The Intenational Instituto for Environment and Development. Basic Books, Inc. New York. 1987.

WRIGHT, R. F., 1983.

"Acidification of freshwaters in Europe." En: *Water quality bulletin*. Vol. 8. No. 3. pp. 137-142.

## **EL MEDIO AMBIENTE SOCIAL**

ANGELIER, J. P., 1976.

*La rente pétrolière*. Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Serie Energie et Société. Paris.

BANCO MUNDIAL, 1976.

The Economic Development of the Isthmic Region of Mexico. 4 Vols.

BERNAL, I., 1975.

"Los olmecas." En: *México: Panorama Histórico y Cultural*. Vol. VI. INAH. México. 1975.

CASTELLS, M., y F., GODARD, 1978.

*Monopolville. Paris, Francia. 1978. 494 p.*

CLARK, J., 1977.

*Coasta/ Ecosystems Management*. New York. The Conservation Fundation. A Wiley-Interscience publication. John Wiley & Sons. 928 p.

COE, M., 1978.

*In the land of the olmec. The people of the river*. Vols. 1 y 2. University of Texas Press. Austin and London. 1978.

COMISION COORDINADORA PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC, 1976.

*Plan para el desarrollo integral del Istmo de Tehuantepec. México, noviembre 469 p.*

COULOD PAUL, 1 980.

*Proyecto de planificación regional: consideraciones generales sobre organización territorial, asentamientos humanos y desarrollo urbano en el sureste de México. México. SPP/ONU, p. 30, Anexo 3 y 7 mapas.*

COVARRUBIAS, M., 1946.

*"El arte olmeca o de la venta". En: Cuadernos Americanos. Vol. 28. México.*

CHURCH, T., 1975.

*Marine Chemistry in the Coastal Environment. ACS. Symposium Series. Vol. 18. 710 p.*

DE LA FUENTE, B., 19 75.

*Las cabezas colosales o/mecas. México. Fondo de Cultura Económica, pp. 63. (Colección Testimonios del Fondo, No. 34).*

DE LA FUENTE, B., 1977.

*Los hombres de piedra. México, UNAM. Instituto de Investigaciones Estéticas.*

DUPORT-OSTION, S.A. de C.V., 1984.

*Desarrollo industrial: desequilibrio urbano. México. SEDUE. Sector Desarrollo Urbano y Ecología. 1984.*

GLIGO, NICOLO, 1981.

*Estilos de desarrollo, modernización y medio ambiente en la agricultura latino-americana. Santiago de Chile. Estudios e Informes de la CEPAL. No. 4. Naciones Unidas.*

GODARD, OLIVER, 1977.

*Environnement et racionallté économique: la prise en compte de l'environnement dans la planification des projets et programmes de développement en pays capitalistes. Paris. Thèse pour le Doctorat de 3d. cycle en Economie du Développement. Université de Paris I-Panthéon-Soborne.*

GRENON, M., 1978.

*Le nouveau Pétrole. Paris. (Eds.) 317 p.*

HARRISON, P. D., y TURNER II, B. L., (Eds.) 1978.

*Pre-Hispanie Maya Agriculture, University of New Mexico Press. 414 p.*

LA ROE, T. E., 1977.

*"Dredging: ecological impacts". In: Clark, J.: Coastal Ecosystem Management. New York. The Conservarion Fundation. John Wiley & Sons. pp. 610-614.*

LEGORRETA, JORGE, 1983.

*El proceso de urbanización en ciudades petroleras. México. Centro de Ecodesarrollo. 181 p.*

LOJKINE, JEAN, 1977.

*E/marxismo, l'état et la question urbanie. PUF. Col). Sociologie d'aujourd'hui. Paris.*

MARCUSE, HERBERT, 1969.

*El hombre undimensional. México. Cuadernos Joaquín Mortiz. 4a. Edición. 274p.*

MASSERON, J., 1975.

*L'economie des hydrocarbures. Editions Technip-Paris.*

MÜNCH, G., 1983.

*Etnología del Istmo Veracruzano. México, UNAM. Instituto de Investigaciones Antropológicas. Serie Antropológica 50. p. 400.*

NOLASCO, MARGARITA, 1975.

*Ciudades perdidas de Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque. México. Centro de Ecodesarrollo. 181 p.*

OCHOA, ARMANDO, *et al.*, 1973.

*Estudio cje la contaminación en el bajo río Coatzacoalcos. Informe definitivo de la segunda etapa. México.*

PEMEX, 1982.

*Perspectivas de desarrollo regional. México. Agosto (Mimeografiado). 36 p.*

PERROUX, FRANCOISE, 1955.

*Consideraciones en torno a la noción de "polo de crecimiento." Trade de Note sur le notion de pote de croissance. Economic Apliquée, No. 1-2. Enero-junio. 15 p.*

PETROLEO INTERNACIONAL, 1982.

*Varios ejemplares de 1979 a 1982.*

PIETRI, R., y C., STERN 1985.

*Petróleo, agricultura y población en el sureste de México. México. Colegio de México. Centro de Estudios Sociológicos. 234 p.*

PIÑA CHAN, R., 1982.

*Los olmecas antiguos. México. Consejo editorial del Gobierno del Estado de Tabasco. 1982. pp. 280.*

SACHS, IGNACY, 1980.

*Stratégies de L'ecodéveloppement*. Editions Economie et Humanisme les éditions ouvriers. Paris. 140 p.

SAHAGUN BERNARDINO, D., 1955.

*Historia general de las cosas de Nueva España*. Tomo L. Ed. Alfa, S.A. México.

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS  
Y OBRAS PUBLICAS, 1978.

*Propuesta para la planeación del desarrollo urbano regional de la Zona Coatzacoalcos-Villahermosa-Salina Cruz*. México, marzo. 3 Vols.

SECRETARIA DEL PATRIMONIO NACIONAL, 1975.

*Coatzacoalcos: Plan Director del Desarrollo Metropolitano*.

STERLING, M., 1939.

"Discovering the new world's oldest dated work of man." In: *The National Geographic Magazine*. Vol. LXXVI. pp. 183-218.

TOLEDO, A., 1980.

*La Unidad de Producción Compleja Coatzacoalcos-Minatitlán-Cosoleacaque: algunas notas para una evaluación*. En: *Conflicto entre ciudad y campo en América Latina*. México. Centro de Ecodesarrollo. Editorial Nueva Imagen. pp. 151-179.

TOLEDO, A., et al., 1982.

*Petróleo y Ecodesarrollo en el Sureste de México*. México. Centro de Ecodesarrollo. 253 p.

TOLEDO, A. et al.

*Cómo Destruir el Paraíso. El Desastre Ecológico del Sureste*. México. Editorial Océano-Centro de Ecodesarrollo. 151 p.

VARSAVSKY OSCAR, 1975.

*Marco histórico constructivo para estilos sociales, proyectos nacionales y sus estrategias*. Buenos Aires. Centro Editor de América Latina. 420 p.

WILEY, M., 1977.

*Estuarine interactions*. New York. Academic Press. 598 p.

ZAPATA, FRANCISCO, 1985.

*Enclaves y polos de desarrollo en México*. México. Colegio de México. Centro de Estudios Sociológicos. Documentos de Trabajo. pp. 113-118.

## BACTERIAS PATOGENAS

### Esteroles

ALBAIGES, J., 1980.

*Analytical Techniques in Environmental Chemistry. Pergamon Press,*

BERGMAN, W., 1949.

*"Comparative biochemical studies on the lipids on marine invertebrates, with special reference to the sterols." J. Marine Res. 8:, 1 37.*

DUURSMA E, K., R. DAWSON, 1981 .

*Marine Organic Chemistry. Elsevier Oceanography Series.*

DUTKA B. J., A. S. Y. CHAN, J. COBURN, 1974.

*"Relationship between bacteria) indicator of water pollution and fecal sterols." WaterRes. 8:, 1047.*

IDLER D. R., A. SAITO, P, WISEMAN, 1968,

*Sterols in red algae. Steroids 11: 465.*

KIRCHMER, C. J., 19 71 ,

*5-bétaCholestan 3-beta-01, an indicator of fecal pollution. U, of Florida. Ph.V. Thesis.*

### Hidrocarburos fósiles

ANDERSON, J. W., 1973.

*"Uptake and depuration of specific hydrocarbons from fuel oil by the bivalves Rangia cuneata and Crassostrea virginica." In: Workshop on Petroleum in the Marine Environment. Washington, D.C. National Academy of Sciences. 690-708.*

ANDERSON, J. W., and J. M., NEFF, 1974.

*"Accumulation and release of petroleum hydrocarbons by edible marine animals," in Proc, Int. Symp. Recent Advances in the assessment of the health effects of environmental pollution. Paris. 24-28. June.*

BARDCH, J. E., M. FUJIYA and A. HOLL, 1965.

*"Detergents: effects on the chemical senses of the fish Ictalurus natalis." Science 148:1605-1607.*

- BLUMER, M., G. SOUZA and J. SASS, 1970.  
"Hydrocarbon pollution of edible shellfish by an oil spill." *Mar. Biol.*, 5:195-202.
- BLUMER, M., R. L. GILLARD and T. CHASE, 1971.  
"Hydrocarbons of marine phytoplankton." *Mar. Biol.* 8:183-189.
- BLUMER, M., and J. SASS, 1972.  
"Oil Pollution: Persistence and Degradation of Spilled Fuel Oil." *Science* 176.-1120-1122.
- BLUMER, M., P. C. BLOKKER, E. G. COLWELL and D. G. DUCKWORTH, 1973.  
"Petroleum." In: *E. D. Goldberg (Ed. ). A Guide to marine pollution.* Gordon and Bréach Science Publishers. New York.
- BOTELLO, A. V., 1978.  
"Presencia de hidrocarburos fósiles en ecosistemas estuarinos del Golfo de México." *Rev. Biol. Trop.*, 26 (Supl. 1): 135-151 .
- BOTELLO, A. V., 1 980.  
*Determinación de los niveles actuales de hidrocarburos fósiles en los sistemas lagunares del Estado de Tabasco, México.* Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Informe Técnico, 50 p.
- BOTELLO, A. V., and S. A. MACKO, 1982.  
"Oil pollution and the carbon isotoperations in organisms and recent sediments of coastal lagoons in the Gulf of Mexico." In: *Oceanologica Acta.* No. SP: 56-62.
- BRAVO, H., S. SALAZAR, A. V. BOTELLOy E. F. MANDELLI, 1978.  
"Polyaromatic hydrocarbons in Oysters from Coastal Lagoons along Eastern Coast of the Gulf of Mexico, Mexico." *Bull Environ. Contam. Tóxico.*,-9 0:171-178.
- BRAY, E. E., and E. D. EVANS, 1961.  
"Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds." *Geochem. et Cosmochim. Acta* 22, 2.
- BURNS, K., and J. TEAL, 1971.  
"Hydrocarbon inoorporation into the salt marsh ecosystem from the west falmouth oil spill." Woods Hole Oceanographic Institution. *Tech. Rep.* No., 71, 69 p.
- BURNS, K. A., and J. M. TEAL, 1973.  
"Hydrocarbons in the pelagic Sargassum community." *Deep sea Res.* 20: 207-211.

BURNS, A. K., and J. L. SMITH, 1982.

"Hydrocarbons in victorian coastal ecosystems (Australia): Chronic petroleum inputs to Western Port and Port Phillip Bays." *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 11: 129-140.

BURNS, A. K., J. P., VILLENUEVE, V. C., ANDERLINI and S. W., FOWLER, 1982.

"Survey of Tar, Hydrocarbon and Metal Pollution in the coastal waters of Oman." *Mar. Poll. Bull.* 13 (7): 240-247.

BUTLER, J. N., 1975.

"EJaporite weathering of petroleum residues: The age of pelagic tar." *Marine Chemistry* 3: 9-21.

CASTRO, G. S., 1981.

*Determinación de los niveles de hidrocarburos en sedimentos recientes y en el ostión Crassostrea virginica de la Laguna' de Mecoacán, Tabasco, México.* Tesis profesional, Fac. de Ciencias, Univ. Nal. Autón. México.

CLARK, R. C., and M. BLUMMER, 1976.

"Distribution of n-paraffins in marine organisms and sediments." *Limnol. Oceanogr.* 12:79-87.

CLARK, R. C., and J. S., FINLEY, 1973.

"Techniques for analysis of data to assess oil spill effects in aquatic organisms". In: *Proc. Joint. Conf. on Prev. and Control oil spills.* Washington, D.C. American Petroleum Institute, pp. 161 -172.

CORREDOR, J. E., J. MORRELL y A. MENDEZ, 1983.

"Pelagic Petroleum Pollution off the South-west coast of Puerto Rico." *Mar. Pollut. Bull.* 14 (5): 166-168.

DI SALVO, L. H., H. E., GUARD, L. HUNTER y A. B., COBET, 1975.

*The microbial degradation of oil pollutants.* D. G. Ahearn and S. P. Meyers eds. Center for Wetland Resources, Louisiana State.

FARRINGTON, J. W., and J. C. QUINN, 1973.

"Petroleum hydrocarbons in Narraganset Bay: Survey of Hydrocarbons in sediments and clanis (*Mercenaria mercenaria*)." *Estuarine Coastal Mar. Sej.* 1: 71-79.

FARRINGTON, J. W., 1983.

"Bivalves as sentinels of coastal chemical pollution." *Oceanus.* 26 (2): 18-29.

GEORGES, C., and B. L. OOSTDAM, 1983.

"The characteristics and dynamics of tar pollution on the beaches of Trinidad and Tobago." *Mar. Pollut. Bull.* 14 (5): 170-178.

GOLDBERG, E. D., J.W. FARRINGTON, P. L. PARKER and ERIC GAMBLE, 1978.

"The Mussel Watch." In: *Environmental Conservation*. Vol. 5, No. 2::101-125.

GOLIK, A., 1982.

"The distribution and behavior of tar balls along the Israeli Coast." *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 15: 267-276.

HAMPSON, G. R., and H. L., SANDERS, 1969.

"Local Oil Spill." *Oceans*: 15: 8-10.

JEFFREY, L. M., W. E. PEQUEGNAT, E. A. KENNEDY, A. VOS, and B. J. JAMES, 1974.

"Pelagic tar in the Gulf of Mexico and Caribbean sea." In: *NBS Spec. Publ. 409, Marine Pollution Monitoring (Petroleum)*. Proc. Symp. Workshop. Gaithersburg, Maryland, May 13-17, 1974: 233-235.

KNAP, H. A., T. M. ILIFFE and J. N. BUTLER, 1980.

"Has the amount of tar on the open ocean changed in the past decade?" *Mar. Pollut. Bull.* 11: 16 1-16 4.

LEE, R. F., R. SAVERHEBER and A. A. BENSON, 1972.

"Petroleum hydrocarbons: uptake and discharge by the marine mussel *Mytilus edulis*." *Science*, N. Y. 177-346.

LEE, R. F., and G. H. DOBBS, 1972.

"Uptake and discharge of polycyclic aromatic hydrocarbons by the marine fish." *Mar. Biol.* 17: 201-208.

LEE, R. F., 1975.

"Fate of petroleum hydrocarbons in marine zooplankton." In: *Procs. Conf. Prevent. Control Oil Pollut.* Washington, D. C.

MACKIN, J. G., and S. H. HOPKINS, 1961.

"Studies on oyster mortality in relation to natural environments and to oil fields in Louisiana." *Publ Mar. Sci. Inst.* 7: 3-13 1.

MIRONOV, O. G., 1970.

"The effect of oil pollution on the flora and fauna of the Black Sea." *FAO Tech. Conf. Mar. Poll.* Rome. Paper E-92.

MOORE, S. F., and R. L., DWYER, 1974.

"Effects of oil on Marine organisms: A critical assessment of published data." *Water Research*, 8: 819-827.

NAS, 1975.

*Petroleum in the marine environment*. Washington, D.C. National Academy of Science. 107 p.

NORTH, W. J., M. NEUSHUL and K. A. CLENDENING, 1964.

"Successive biological changes observed in a marine cove exposed to a large spillage of mineral oil." [\*Symp. Pollut. Mar. Microorg. Prod. Petrol. Monaco. pp. 333-354.\*](#)

ODUM, E. P., 1972.

*Fundamentals of Ecology*. Saunders Eds. Philadelphia, U.S.A. 574 p.

PARKER P. L., and D. MENZEL, 1974.

"Effects of Pollutants on marine organisms." NSF/IDOE. *Workshop on Effects of Pollutants on Marine Organisms*. Sidney. British Columbia, Canada. August 11- 14, 1974. 46 p.

ROMERO, G. C., G. R. HARVEY and D. K. ATWOOD, 1981.

"Stranded tar on Florida beaches: September 1979 - October 1980". *Mar. Pollut. Bull.* 12 (8): 280-284.

SCHEIER, A., and J. CAIRNS, 1966.

"Persistence of gill damage in *Lepomis gibbosus* following a brief exposure to alkyl benzene sulfonate." *Notul. Nat. Phila.* 391: 1-7.

SHAW, D. G., and B. A. BAKER, 1978.

"Hydrocarbons in the marine environment of Port Valdez, Alaska." *Environ. Sci. Tech.*, 12(10): 1200-1205.

SIMPSON, A. C., 1968.

"The Torre Canyon disaster and fisheries." *Lab. Leafl. Naff. U. K.* (18): 1-43.

SPOONER, M. F., 1969.

"Some ecological effects of marine oil pollution." In: *Prevention and Control of Oil Spills*. American Petroleum Institute. pp. 313-316.

STEGEMAN, J. J., and J. M. TEAL, 1973.

"Accumulation, release and retention of petroleum hydrocarbons by the oyster *Crassostrea virginica*." *Mar Biol.* 22: 37-44.

STEVENS, N. P., E. E. BRAY and E.D. EVANS, 1965.

"Hydrocarbons in sediments of Gulf of Mexico." *Assoc. Petrol. Geol.* 40: 975-983.

ZOBELL, C. E., 1971 .

"Sources and biodegradation of carcinogenic hydrocarbons." In: *Proc. Joint. Conf. on Prevent. Control o/l Spill. pp. 441-451. Washington, D.C.* American Petroleum Institute.

### *Metales pesados*

BAKUS, 1980.

*Notas del curso sobre Impactos Ambientales en el Medio Marino. Impartido en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.*

BERTINE, K. K., MARTIN, J. H., and TEAL, J. M., 1976.

"Aids to analysis of seawater." In: *Strategies for Marine Pollution Monitoring.* Edited by E.D. Goldberg, J. Wiley and Sons. pp. 217-253.

BRYAN, G. W., 1976.

"Heavy Metal Contamination in the Sea." In: *Marine Pollution. R. Johnston.* (ed.) Academic Press. Chap. 3. 729 p.

BRULAND, K. W., K. BERTINE, M., KOIDE and

E. D. GOLDBERG, 1974.

"History of Metal Pollution in Southern California." In: *Coastal Zone. Environ. Sci. and Tech. 8: 425-432.*

CRANSTON, R. E., and BUCKLEY, D. E., 1972.

"Mercury pathway in a river-estuary." *Environ. Sci. Technol* 6: 274-278.

FLORENCE, T. M. and G. E. BATLEY, 1977.

"Determinations of the Chemical Forms of Trace Metals in Natural Waters, with special reference to Cooper, Lead, Cadmium and Zinc." *Talanta Mini-Review* 24: 151 -158.

FOLK, R. L., 1974.

*Petrology of sedimentary rocks.* Hemphill Pub. Co. Austin, Texas, 1951.

FORSTNER, U. and G. T. W. WITTMAN, 1979.

Chapter B: "Toxic Metals." In: *Metal Pollution in the Aquatic Environment.* Springer Verlag.

GAUDETTE, H. E., W. R. FLIGAT, L., and

TONER, D. W. FOLGER, 1974.

"An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments." *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, (1): 249-253.

GOLDBERG, E. D., 1976.

"Heavy Metals." In: *The Health of the Oceans*. The UNESCO Press, Paris.

GOLDBERG, E. D., 1978.

"A Pollution History of Chesapeake Bay." *Geochim. et Cosmochim. Acta*.  
vol. 42:1413-1425.

GOLDBERG, E. D. *et al.*, 1978.

"The Mussel Watch." *Environmental Conservation*, Vol. 5, No. 2:101-125.

GOLDBERG, E. D. *et al.*, 1981.

"Impact of fossil fuel combustion on the sediments of Lake Michigan."  
*Environmental Sci. and Tech.* Vol. 15: 460-470.

HAMMER, M. J. and K. A. MACKICHAN, 1981.

*Hydrology and Quality of Water Resources*. John Wiley & Sons. Inc.

JONES, G. B., and M. E. JORDAN, 1979.

"The distribution of organic material and trace metals in sediments from the  
River Liffey Estuary, Dublin." *Estuarine and Coastal Marine Sci.* 8: 37-47.

LORING, D. H., 1976.

"The distribution and partition of zinc, copper and lead in the sediments of the  
Saguenay Fjord." *Can. J. Earth Sci.* 13: 960-971.

LORING, D. H. and RANTALA, 1977.

*Geochemical Analysis of marine sediments and suspended particulate matter*.  
Fisheries and Marine Service, Technical Report No. 700. Department of  
Fisheries and the Environment, Canada, 56 p.

LU, J. C. S., and K. Y., 1977.

"Migration of trace metals in interfaces of seawater and polluted superficial  
sediments." *Environment Sci. and Techn.* 11: 174-182.

MANDELLI, E. F., 1979.

"Contaminación por metales pesados." *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur.* 10:  
209-228.

MOODY, J. R. and R. M., LINDSTROM, 1977.

"Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace elements  
sample." *Analytical Chemistry.* 49: 2264-2267.

OCHOA, S. A., G. HALFFTER, y R., IBARRA, 1972.

"Desarrollo Industrial y Equilibrio Ecológico: un ejemplo, el Bajo Río Coatzacoalcos."  
CONACYT-Instituto Italo-Latinoamericano. *Simposio Internacional sobre la  
protección del medio ambiente y los recursos naturales*, México, D. F.

OCHOA, S. A., G. HALFFTER, y R. IBARRA, 1972.  
*Estudio de la contaminación en el Bajo Río Coatzacoalcos.* Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN.

PAEZ OSUNA, F., M. L., FONG-LEE, H., FERNANDEZ-PEREZ, R., LOZANO SANTA CRUZ, y G., VILLASEÑOR, 1984.  
*Heavy Metals and Minerology in Sediment Cores from a Tropical Coastal Lagoon, Mexico.* (in press).

PRINGLE, B. H., *et al.*, 1968.  
"Trace metal accumulation by estuarine mollusks." *J. of Sanitary Engineering; Division American Society Civil Engineering*, 94: 455-475.

POLPRASENT, CH., 1982.  
"Heavy Metals Pollution in the Chao Phraya River Estuary, Thailand." *Water Res. Vol.* 16:775-784.

ROSAS, I. *et al.*, 1983.  
"Oyster (*Crassostrea virginica*) as indicator of heavy metals pollution in some lagoons of the Gulf of Mexico." *Water, Air and Soil Pollution*. 20:127-135.

SHOLKOVITZ, E. R.  
"Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and seawater." *Geochimica et Cosmochimica. Acta.* 40: 831-845.

SKEI, J. and P. E., PAUS 1979.  
"Surface metal enrichment and partitioning of metals in a dated sediment core from a Norwegian Fjord." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43: 239-246.

THE INTERNATIONAL MUSEEL WATCH, 1980.  
*Report of a workshop sponsored by the environmental studies board commission on Natural Resources National Research Council.* National Academy of Sciences, Washington; USA, 248 p.

WOOD, J. M., 1974.  
"Biological cycles for toxic elements in the environment." *Science* 183: 1049-1052.

## *Plaguicidas*

ADAMSON, R. H., 1974.  
*Survival in Toxic Environments.* Acad. Press. 550 p.

ALBERT, A. L., 1975.

"Contaminación de alimentos por residuos químicos persistentes." *Memorias del Curso Intensivo sobre Contaminación Ambiental. LANFI. Vol. 1:119-133.*

BILDEMAN, T. F., y C. E., OLNEY, 1974.

"Chlorated Hydrocarbons in the Sargasso Sea Atmosphere and Surface." *Water Science 183: 516-518.*

BLUS, *etal.*, 1974.

"Organochlorine residues in brown pelicans eggs: Surface Water" *Science 183: 516-518.*

BLUS, *etal.*, 1974.

"Organochlorine residues in brown pelicans eggs: relation to reproductive succes." *Environ, Pollut. (7): 81-91 .*

BOTELLO, A.V., 1982.

*Niveles actuales de compuestos organoclorados, desechos industriales y bacterias coliformes en los sistemas lagunares costeros del estado de Tabasco. Informe técnico Final ICM y L. UNAM. Presentado a la Secretaría de Pesca del estado de Tabasco. 70 p.*

BUTLER, P. A., 1965.

"Comercial fishing investigations in the effects of pesticides on fishes and wildlife." *USCircular, 226: 67-77.*

BUTLER, P. A., 1966.

"Pesticides in the marine environment." *J. Appl. Ecol 3: 253-259.*

BUTLER, P. A., 1973.

*Pestic. Monic. J. 6.' 238.*

CALVIN, G. J., 1973.

*Chemistry, Man and Environmental Change.* Canfield Press, Harper and Row Publishers, Inc. New York, 472 p.

CASTRO, T. F., 1971.

"Degradation of organochlorine pesticides in flooded soils in the Philippines." *J. Agree. Food. Chem. 19 (6):: 1168-1170.*

COPPAGE, 1972.

"Organophosphate pesticides: specific leve) of brain AChE inhibition related to death in sheepshead minnows." *Trans. Am. Fish. Soc. 101: 534-536.*

DART, 1977.

*Microbiological aspects of pollution control.* Elsevier sc. Publix Co., Holanda.

DAY, J.W., R.H. DAY, M.T., BARREIRO, F. LEY-LOU y C. J., MADDEN, 1982.

"Primary production in the Laguna de Terminos, a tropical estuary in the Southern Gulf of Mexico." *OceanologyActa*, No. SP: 269-275.

DUKE, T. W., J. 1., LOWE y A. J., WILSON, 1970.

"A polychlorinated biphenyl (Aroclor 12541 in the water, sediment and biota of Escambia Bay, Florida." *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, (5): 171-180.

EDWARDS, C. A., 1977.

*Pesticidas in aquatic environment nature and origin of pollution by pesticides.* Ed. Plenum Press. U.S.A.

EIDELMAN, M., 1963.

"Determination of microquantities of some chlorinated organic pesticides residuo in edible fats and oils." *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* (46): 182-186.

FALGER, D. W., 1972.

"Texture and organic carbon content of bottom sediments in some estuaries of the United States in Welsin, B. W. Weedd." *FalgerGeol. Soc. AmericaAbs. with programs*, Vol. 4 (1): 1-6. *FalgerLimnol. andOceanogr.* 17 (3k 3 94-412.

GAUDETTE, H. E., and W. R., FLIGHT, 1974.

"An inexpensive titration method for the determination of organic carbons in recent sediments." *Sed. Petrol.* 44: 249-253.

GIAM, C. S., A. R., HANKS, R. L., RICHARDSON, W. M., SACKETT and M. K., WONG, 1972.

"DDT, and Polychlorinated biphenyls in biota from the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea." *Pestic. Monitor. J.* (6):139-143.

GIAM, C. S., M. K., WONG, A. R., HANKS, W. M., SACKETT and R. L., RICHARDSON, 1973.

*Bull Environ. Contam. Toxicol.* (9): 376.

HAMELINK, J. L., R. C., WAYBRANT and R. C., BALL, 1971.

"A proposal: exchange equilibria control the degree chlorinated hydrocarbons are biologically magnified in lentic environments." *Trans. A., Fish. Soc.* 100: 207-214.

HANSEN, S., and J., WILSON, Jr. 1970.

"Significant of DDT residues in the estuary near Pensacola, Florida." *Pestic. Monitor. J.* (4): 51-56.

HANSEN, D. J., 1972.

*PCB's: Effects on accumulation by estuarine organisms.* Environmental Protection Agency. Gulf Breeze, Florida, 282-283 pp.

HARVEY, G. R., H. P., MIKLAS, V. T., BOWEN and W. G., STEINHAEUER, 1974.  
*J. Mar. Res.* (32):103.

HILL, D. W., and Mc CARTY P. C., 1967.  
"Anaerobic degradation of selected hydrology pesticides." *J. Water Pollution Fed.* (39):1259-1277.

HOLMES, D. C., J. H., SIMMONS and J. G., TATTON, 1967.  
"Chlorinated hydrocarbons in British wildlife." *Nature.* (216). 227-229.

JAMES, M. O., FOUTS, J. E., and BEND, J. R., 1978.  
"Pesticides in Aquatic. Environments. Xenobiotic Metabolizing Enzymes."  
*In: Marine Fish.* 171.

JENSEN, S. A., JERNELOV, R., LANG and K. H., PALMORK, 1970.  
*Chlorinated byproducts from vinyl chloride production. A new Source of Marine Pollution.* FAO Technical Conference on Marine Pollution and its effects on living resources and Fishing. Roma. FAO. 1970.

JOHNSON, D. W., 1968.  
"Pesticides and Fishes. A review of selected literature." *Trans. Am. Fish. Soc.*, (97): 398-424.

JONES, E. P., 1971.  
"DDT Stopped, Suit droppend." *Science* 173: 1971, p. 38.

KOEMAN, J. H., and R. H., DE VOS, 1969.  
"Chlorinated bipheyls in fish, mussels and birds from the river Rhine and the Netherlands coastal areas". *Nature.* (221): 1126-1128.

LIVINGSTONE, R. J., N. P., THOMPSON, and D. A., MEETER, 1978.  
*Marine Biol.* (46): 355.

MENZEL, D. V., J. ANDERSON and A. RANDIKE, 1970.  
"Marin phytoplankton vary in their response to chlorinated hydrocarbons." *Science* 167.: 1724-1726.

MODIN, J. C., 1969.  
"Chlorinated hydrocarbon pesticides in California bays and estuaries." *Pestic. Monitor. J.* 3: 1-7.

ODUM, E. P., 1972.  
*Fundamentals of Ecology.* 3rd Edition W. Saunders Company. 573 p.

OMS, 1972.

*Review of the U. S. C. and Offtake of DD T in Antimalaria Control Programas.*

PATIL, K. C., F., MATSUMURA, and C. M., BOUSH, 1972.

"Metabolic transformation of DDT, Dieldrin, Aldrin and Endrin by marine microorganisms." *Environ. , Sci. Technol.*, Vol. 6. 1061-103.

PEAKALL, D. B., 19 70.

"Pesticides and the reproducction of birds." *Sci. Am. Abril:* 73-78.

RISEBROUGH, R. W., 1971.

*Chlorinated hydrocarbons, in wood, Impigment of man in the ocean.*  
Wiley. pp. 259-286.

ROBINSON RAMADE, F., 1974.

*Accumalation des pesticides daus les chaines trophiques, Elements d' Ecologie appliquee.* Eciscience, 1 52 y sigs.

ROSALES, M. T. L., 1979.-

*Sobre la disposición de compuestos organoclorados en el medio ambiente marino,* Trabajo presentado en la Primera Reunión Nacional Sobre Zona Económica Exclusiva, La Paz, Baja California, México, 1 2 al 14 de agosto de 1 97 6.

ROSALES, M. L. T., A. V., BOTELLO, H. BRAVO and E. F., MANDELLI, 1979.

"PCB's and Organochiorine Insecticides in oysters from coastal lagoons of the Gulf of Mexico." Mexico. *Bull Environm. Contam. Toxicol.* 21: 652-656.

ROWE, D. R., L. W., CANTER, P. J., SNYDER, and J. W., MASON, 19 71 .

"Dieldrin and Endrin concentrations in a Louisiana estuary." *Pest. Monitor. J.* (4): 117-183.

SMITH J. W., 1968.

*Adv. Comp. Physiol. Biochem.* 3: 232.

URELES, R., 1962.

"Growth o pure cultures of marina phytoplankton in the presence of toxicants." *Journ. Appl. Microb.* (101: 532-537.

WEBER, J. B., 1972.

"Interaction of Organic Pesticides with Particulate Matier in Aquatic and Soil Systems." In: *Advances in Chemistry Series.* Goulf R. F. (Ed.). 111: 55-120.

WOLMAN, A. A., and J. WILSON, Jr. 1970.

"Ocurrence of pesticides in whales." *Pestic. Monitor. J.* (41: 8-10.

WOODWELL, G. M., C. F., WURTER and P. A., ISAACSON, 1967.  
DDT residues in an east coast estuary: a case of biological concentration of a persistent insecticide." *Science* 156: 821-824.

WURSTER, C. F., 1968.  
"DDT reduces photosynthesis by marine phytoplankton." *Science* 159, 3822: 55-120.