

00361

7
2e.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

" Contexto Regional de Algunos Contaminantes
y sus Implicaciones Locales en la Laguna Superior, Oaxaca "

Jorge Arturo Benítez Torres

Enero de 1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACIÓN	11
ÁREA DE ESTUDIO	12
METODOLOGÍA	15
RESULTADOS	
Análisis de las Fuentes de Contaminación	21
Datos Preliminares sobre los Niveles de Concentración de Algunos Contaminantes	34
Los Problemas de Contaminación en el Entorno Social de la Pesca Ribereña	43
DISCUSIÓN	51
SÍNTESIS INTEGRAL Y CONCLUSIONES	61
LITERATURA CITADA	65

ANEXO I, INFORMES Y DOCUMENTOS CONSULTADOS

ANEXO II, TÉCNICAS ANALÍTICAS

ANEXO III, CARTAS DE ALTERACIONES ANTROPOGÉNICAS

RESUMEN

El estudio se realizó en la Laguna Superior, Oax., la cual, desde el punto de vista ecológico y económico, es uno de los cuerpos de agua costeros más importantes del Golfo de Tehuantepec. De acuerdo a la magnitud de las fuentes de contaminación, y a las tendencias actuales de éstas dentro de la cuenca de captación de la Laguna, los contaminantes que se consideran de mayor importancia son: los hidrocarburos del petróleo y sus derivados, provenientes de derrames accidentales, y los plaguicidas y fertilizantes originados por el cultivo de la caña de azúcar. En tanto que el cadmio asociado a los fertilizantes fosfatados de las áreas cañeras, los desechos urbanos de las principales ciudades de la región y la actividad de los Ingenios azucareros, representan un riesgo potencial para la misma. La contaminación de hidrocarburos y derivados ha sido de tipo agudo y ha afectado principalmente a las áreas de manglar de la Laguna. Por su parte, los plaguicidas se han manifestado como problemas de tipo crónico causados por el uso de herbicidas, con ingredientes activos de 2,4-D, diurón y atrazina, y de los insecticidas foliares a base de paratión étílico; no obstante la baja persistencia ambiental de estos ingredientes el riesgo de dichos herbicidas e insecticidas se debe a su aplicación en áreas cercanas a la Laguna y en la época de mayor precipitación pluvial. Con base en lo anterior, se establecieron las siguientes Unidades como las de mayor riesgo para la Laguna: a) la Unidad *Guíquchuni-DR-19*, con el mayor número de derrames de hidrocarburos; b) la Unidad *Los Perros*, con contaminación por desechos urbanos; c) la Unidad *Chilona-DR-19*, con derrames de hidrocarburos, aplicaciones extensivas de plaguicidas (especialmente herbicidas) y de cadmio (asociado a fertilizantes fosfatados), y d) la Unidad *Chicapa*, donde existe un aporte intensivo de herbicidas y fertilizantes fosfatados. Las Unidades *Espanita Perros* y *San Dionisio*, no representan ningún riesgo como fuentes de contaminación para la Laguna.

Las determinaciones de los niveles preliminares de contaminantes mostraron: a) presencia de hidrocarburos del petróleo, en estado avanzado de degradación, en los sedimentos de las áreas de manglar del Río Verde (1.5 ug/g de hidrocarburos totales y 6.2 ug/g de mezcla compleja sin resolver-UCM-) y el Estero Xubasiña (2.5 ug/g de UCM); b) compuestos identificados, tentativamente, como plastificantes o ftalatos en los sedimentos de la desembocadura de la Unidad *Los Perros*; c) grandes concentraciones de sustancias identificadas, tentativamente, como productos de biotransformación de herbicidas, en los sedimentos de las desembocaduras de Las Unidades *Chilona-DR-19* y *Chicapa* y d) concentraciones promedio de cadmio total de 0.04 ug/g en camarón blanco (*Penaeus vannamei*). Se destaca la presencia de los plaguicidas organoclorados alfa-HCH y p,p'-DDD (0.031 y 0.08 ug/g, respectivamente) en camarones de tres meses de edad, no obstante que este tipo de compuestos no se encontraron en la descripción de las fuentes de contaminación.

El análisis de los aspectos sociales de la pesca ribereña detectó serios trastornos causados por los fenómenos de contaminación de la región. Estos efectos pueden manifestarse en menores volúmenes de captura, confusión en la percepción ecológica del pescador, mayores insumos en la actividad y dificultades para la comercialización del producto. El mayor o menor impacto de los problemas de contaminación está en función de la dependencia que guardan los diferentes grupos con la actividad pesquera. Entre los factores relacionados con la pesca ribereña que contribuyen con un efecto sinérgico a los problemas de contaminación, destacan: las condiciones ecológicas de la región, los problemas de otras actividades productivas colaterales, la falta de una adecuada infraestructura pesquera y del reconocimiento, por parte de las autoridades, a los tipos de organización local.

INTRODUCCIÓN

La degradación del ambiente causada, en parte, por el crecimiento económico desordenado, es actualmente uno de los más graves problemas en diversas regiones costeras de México. En este aspecto la situación ha llegado a ser tan crítica, que la pérdida de recursos bióticos o el deterioro de su potencial productivo, son la causa directa de la disminución de la calidad de vida de miles de mexicanos.

Este tipo de problemas, como lo menciona Leff (1986), ha generado la necesidad de desarrollar varias técnicas de planificación para insertar la "dimensión ambiental" en el control gubernamental del proceso económico. Es por ello que, como una estrategia encaminada a adquirir dicho control, se ha intentado atenuar el deterioro ambiental producido por las diferentes actividades humanas, a través de planes estratégicos de desarrollo y de la realización de estudios de impacto ambiental.

Sin embargo, al llevar a cabo estos planes y ponderar estos impactos, pocas veces se considera que los problemas ambientales son el resultado de múltiples factores (económicos, políticos, sociales, entre otros), por lo que presentan características muy particulares en las distintas regiones donde se generan. Esta falta de una visión integral, induce al error de efectuar diagnósticos ambientales basados en la recopilación de conocimientos aislados de una determinada área geográfica. Sumado a lo anterior, no hay una política de previsión y planeación, lo que propicia la ejecución de estudios mal estructurados y tardíos, que se llevan a cabo cuando las causas y los efectos han adquirido proporciones insalvables.

Las lagunas costeras de México han carecido de una apropiada protección de sus recursos. Esto ha causado que los problemas de contaminación en ellas se hayan incrementado considerablemente en las últimas dos décadas. Algunas de estas áreas, como las del Golfo de México, actualmente presentan un "estado de salud grave y crítico" (Botello, *et al.*, 1990); en tanto que otras han comenzado a presentar estos problemas, debido al incremento de las actividades humanas alrededor de ellas.

Esta situación es grave si se toma en cuenta la gran diversidad de especies que dependen de estos ecosistemas y las actividades productivas que sustentan, dentro de las que destaca la pesca ribereña, lo que agrega al valor ecológico de estas áreas una importancia económica y social considerable.

Un ejemplo de los ecosistemas costeros con alteraciones ambientales recientes, es la Laguna Superior, en el estado de Oaxaca. En esta región las actividades de agricultura intensiva y de la industria petrolera se han intensificado notablemente en los últimos años, lo cual ha aumentado el riesgo de los problemas de contaminación. Como consecuencia de esta situación, pueden mencionarse la serie de derrames accidentales de crudo y amoniaco que ocurrieron entre 1982 y 1984, y que provocaron serios trastornos ecológicos, sociales y políticos.

Las dificultades observadas en las actividades de pesca ribereña de la Laguna Superior durante esos años, hicieron ver la necesidad de un análisis integral de los principales problemas de contaminación, sobre todo, porque este tipo de trastornos puede significar un obstáculo en la correcta administración y ordenamiento de los recursos de la zona costera. De todos los aspectos que abarcan estos conflictos, el presente estudio se dedica a caracterizar y a describir las principales fuentes de contaminación para la Laguna Superior; a determinar los valores preliminares de los niveles de concentración en sedimentos y en organismos, de plaguicidas organoclorados, hidrocarburos del petróleo y los metales plomo y cadmio; así como a establecer las posibles repercusiones de los problemas de contaminación sobre las actividades de la pesca ribereña.

ANTECEDENTES

La Necesidad de un Enfoque Integral para el Estudio de los Problemas de Contaminación en las Lagunas Costeras

Los ecosistemas lagunares-estuarinos son en extremo complejos, no presentan fronteras funcionales finitas y están frecuentemente alterados por factores externos (Yáñez-Arancibia, 1986). Por tal motivo, para la evaluación de los conflictos ambientales de estos ecosistemas se requiere de una adecuada base de datos científicos que permita hacer un análisis acertado de sus orígenes y una predicción real de sus consecuencias. Lamentablemente, estos datos casi siempre son insuficientes; en parte, por la falta de estudios que cuantifiquen cada una de las variables incluidas en el problema y, en parte, por la gran diversidad de relaciones entre los elementos del ecosistema que se pretende medir.

La comprensión integral de los problemas ambientales rebasa la capacidad de una sola disciplina, ya que dichos problemas ignoran las fronteras entre las ciencias (García, 1986). Dicho enfoque integral, sólo se logra cuando el trabajo científico se plantea desde un principio como tarea interdisciplinaria. Para ello se debe iniciar con la identificación de los principales objetivos de la investigación, así como con su respectiva ubicación dentro del dominio de las ciencias más adecuadas (García, 1986).

En este sentido, para identificar los objetivos más relevantes en un estudio de contaminación, debe tomarse en cuenta que ésta tiene su principal origen en actividades antropogénicas y que los efectos negativos de dicha contaminación generalmente repercuten sobre los grupos humanos de una determinada región; lo cual coloca a la sociedad como el punto central de estudio. Por tal motivo, dentro los elementos que deben ser considerados para comprender los problemas de contaminación en una laguna costera destacan los siguientes:

- a) La identificación de las fuentes antropogénicas de contaminación, junto con el análisis de las tendencias de su comportamiento y la relación que guardan con los aspectos sociales, políticos y económicos.
- b) El reconocimiento de las repercusiones que esta contaminación tiene sobre las comunidades humanas que dependen del ecosistema afectado, haciendo énfasis en los grupos sociales más vulnerables.

Otros elementos que sirven como punto de referencia y de unión entre los dos anteriores son:

- c) La determinación de las principales rutas de entrada de los contaminantes al ecosistema, con el objeto de establecer áreas prioritarias y proponer medidas preventivas.
- d) La obtención de valores preliminares de concentración de los contaminantes en el ambiente lagunar, con lo cual se pueda establecer un punto de comparación para estudios de seguimiento y control, así como confrontar los resultados obtenidos con lo reportado para otros ecosistemas similares y cotejar estos niveles con las normas legales nacionales o internacionales vigentes.

Esta enumeración no pretende ser exhaustiva. La importancia de considerarlos para cualquier estudio de contaminación estriba en que proporcionan una visión más equilibrada del conflicto. Esta visión es necesaria ante contingencias de tipo agudo, las cuales suelen provocar reacciones extremas; por un lado, las apreciaciones exageradas y el pánico; y, por otro lado, la indiferencia y miopía de las autoridades ante las consecuencias. Además, los resultados de este tipo de estudios dan lugar a preguntas de investigación más concretas, al mismo tiempo que establecen una base de comparación para estudios futuros y proporcionan criterios para planes de desarrollo regional.

Importancia y Vulnerabilidad de las Lagunas Costeras

Los diversos estudios realizados en lagunas costeras (Carvajal, 1973; Day *et al.*, 1982; Rojas *et al.*, 1990; entre otros), señalan a estos sistemas como áreas de gran productividad biótica, con una productividad primaria neta de 500 a 4000 g de peso seco/m²/año. Esta productividad se debe al subsidio energético que reciben las lagunas a través de la descarga de ríos y los movimientos mareales. Además, estos ecosistemas poseen una gran variedad de productores primarios, entre ellos, manglares, pastos marinos y de pantanos, macroalgas, los cuales frecuentemente presentan una programación estacional que garantiza una actividad de producción permanente (Yáñez-Arancibia, 1986).

Esta condición es aprovechada por más del 80% de los peces litorales y por otros grupos de importancia pesquera que obtienen de las lagunas alimento, protección y áreas de crianza para sus formas juveniles. De esta manera, la alta productividad primaria de las lagunas costeras se transforma en proteínas de peces, moluscos y crustáceos, lo que confiere a dichos sistemas un potencial económico-pesquero considerable, en ocasiones, superior a la pesca de altura (Cárdenas, 1969; Yáñez-Arancibia y Nugent, 1977; Odum, 1985).

La gran importancia ecológica y pesquera de estos ecosistemas los convierte en áreas prioritarias de vigilancia y protección contra las alteraciones causadas por las actividades humanas. Este planteamiento se ve reforzado al reconocer las características ecológicas que poseen y que los hace especialmente vulnerables a los problemas de contaminación. Tales características, discutidas por Odum, 1970 (citado en Yáñez-Arancibia, 1986), se resumen a continuación:

- 1) La productividad de las lagunas costeras se sustenta principalmente en las características físico-químicas que les permite ser trampas eficientes de nutrientes. Sin embargo, estos mecanismos funcionan al mismo tiempo como trampas de contaminantes generados en su área de influencia.
- 2) La destrucción de hábitats críticos tales como manglares, pastos de pantano y pastos marinos disminuye la principal fuente de energía del ecosistema, lo que altera la base de las principales cadenas alimenticias. Estos hábitats se localizan en las áreas en donde las actividades humanas suelen ser más intensas.
- 3) En estos ecosistemas existe una estructura trófica muy compleja, en la cual muchos de los organismos que la componen viven cerca del límite de sus intervalos de tolerancia, lo que los hace particularmente sensibles ante cualquier interferencia humana.

Por tal motivo, los planes regionales de desarrollo de las zonas costeras, deben incluir necesariamente un análisis de los problemas de contaminación, ya que éstos pueden reflejarse negativamente en la productividad del ecosistema en general, y en su valor ecológico-pesquero, en particular.

Las Fuentes de Contaminación de las Lagunas Costeras

Existe una relación directa entre el uso del suelo de un área determinada y los tipos de contaminación presentes en ella. Así, por ejemplo, las áreas de cultivos intensivos suelen ser fuentes importantes de contaminantes de origen agrícola como los plaguicidas; las obras industriales y petroleras son importantes fuentes de hidrocarburos y los asentamientos humanos son el origen de grandes volúmenes de aguas negras, en las cuales se pueden mezclar gran número de compuestos tóxicos. Por tal motivo, la descripción del uso del suelo en las áreas adyacentes a las lagunas costeras es un punto básico para la evaluación de los contaminantes que pueden incurrir en ellas.

El área de influencia de tales fuentes de contaminación depende, en parte, de los agentes de transporte de los contaminantes en el ambiente. Ejemplos de estos agentes pueden ser el viento, las corrientes marinas o algunas de las porciones del ciclo hidrológico. En este sentido, las aguas de escorrentía constituyen una excelente vía de movilización desde el continente hacia las lagunas, para un gran número de contaminantes, sobre todo, para los más persistentes. El transporte de los contaminantes puede realizarse en solución o suspensión, o bien, ligados a la materia orgánica y a los sedimentos que son arrastrados por la misma escorrentía, cuando sus características físicoquímicas se los permiten.

Las aguas de escorrentía incluyen todos los flujos de agua superficial, ya sean los que corren por transporte o los que poseen un cauce fijo. Esta escorrentía puede derivarse directamente de una precipitación que no ha podido infiltrarse en el suelo, u originarse por la salida al exterior del agua de saturación, a lo largo de las líneas de intersección del nivel freático con la superficie del terreno. El curso de la escorrentía siempre sigue a la topografía del terreno y drena la superficie del suelo mediante una serie de afluentes que convergen en un cauce mayor, lo que establece sistemas de drenaje que finalmente conforman una unidad natural llamada cuenca hidrológica (Strahler, 1979).

Bajo este concepto es posible entender cómo los contaminantes presentes dentro de la cuenca de drenaje de una laguna costera pueden llegar hasta ésta sin necesidad de ser vertidos en los cauces principales (Benítez *et al.*, 1991). Es por ello que la unidad de cuenca hidrológica ha sido utilizada con éxito en diferentes estudios para la descripción de las fuentes de contaminación y el establecimiento de zonas de riesgo en sistemas acuáticos (SRH, 1976 y Cifuentes *et al.*, 1972, entre otros).

Los Contaminantes Críticos y sus Efectos Ambientales

Loera y Albert (1990) señalan que, para 1987, existían en el mundo alrededor de 100 mil sustancias contaminantes de origen sintético, a las cuales se sumaban cerca de 2000 sustancias anuales. Esto sin considerar a los contaminantes naturales (metales, toxinas, bacterias patógenas, entre otros), producidos por las diferentes actividades humanas. De acuerdo con Albert (1985), de las sustancias utilizadas cotidianamente por el hombre, en sólo unas 2000 se han estudiado sus interacciones y efectos (a corto y mediano plazo) sobre el ser humano y su ambiente. Este número tan reducido se debe, entre otras razones, a la dificultad y complejidad de los estudios toxicológicos, a su elevado costo y a la falta de expertos para realizarlos.

Estas cifras dan una idea de lo complicado que resulta señalar a las sustancias que deben considerarse como contaminantes críticos. Uno de los esfuerzos más significativos para resolver este conflicto es el documento producido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 1990). En este documento un grupo de expertos internacionales analizó y estableció los criterios de riesgo para definir, tanto a las sustancias químicas peligrosas, como a los fenómenos de importancia global para el ambiente.

Estos criterios incluyen la producción, distribución y liberación de la sustancia en el ambiente; sus efectos secundarios; su persistencia y transformación; sus propiedades de bioacumulación y biotransformación; la magnitud de la población expuesta; los niveles de exposición y de toxicidad; y los efectos sobre el medio físico y químico.

Mediante la aplicación de dichos criterios, las siguientes sustancias y procesos fueron enlistados como peligrosos y de estudio prioritario: cadmio, plomo, mercurio, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y oxidantes fotoquímicos; dióxido de azufre y sus derivados; los fenómenos de eutroficación; la producción y uso de carbón y otros combustibles fósiles; la contaminación por petróleo y el uso indiscriminado de plaguicidas.

El uso de los criterios antes mencionados para evaluar los problemas de las diferentes regiones costeras de nuestro país depende, principalmente, de las fuentes de contaminación presentes en estas áreas y de los agentes de transporte. En este sentido, en las áreas adyacentes de la Laguna Superior se localizan importantes asentamientos urbanos, un distrito de riego con actividades de agricultura intensiva y los derechos de vía de los ductos que conducen crudo y derivados hacia Salina Cruz, Oax. Por tal motivo, se consideró que los contaminantes más importantes para la región podrían ser los plaguicidas, los hidrocarburos del petróleo y los metales pesados. Un análisis general de estos contaminantes se realiza en las siguientes secciones.

Plaguicidas

Bajo este nombre se incluye a todos los productos utilizados para el control de diferentes plagas. Estos compuestos se identifican de acuerdo con el tipo de organismo para cuyo control son utilizados (insecticidas, herbicidas, fungicidas, entre otros). Muy pocos de ellos son específicos y la mayoría poseen un carácter biocida. El costo social y ambiental que causa el uso indiscriminado de tales productos es considerable; estudios preliminares en los Estados Unidos estiman una pérdida anual de 11 millones de dólares, tan sólo por concepto de la mortandad de peces y otras especies silvestres (Pimentel *et al.*, 1980).

Entre estos productos, los insecticidas organoclorados merecen una especial atención, tanto por su toxicidad y persistencia, como por el gran uso que aún representan. De acuerdo con Albert (1986), en ese año, México produjo cerca de 4000 toneladas de DDT, así como 1800 toneladas de toxafeno y lindano, respectivamente; el total de organoclorados producidos fue de cerca de 8000 toneladas.

Considerables cantidades de estos compuestos son vertidas al medio acuático intencionalmente (para controlar larvas de insectos y algas), o bien, como consecuencia de escurrimientos, descargas industriales y domésticas (Rosales-Hoz, 1979). Debido a sus características fisicoquímicas, estos compuestos son insolubles en agua, tienen una gran solubilidad en lípidos, presentan una relativa estabilidad ambiental, tienden a formar productos de biotransformación estables, suelen concentrarse en sedimentos bénticos y acumularse a lo largo de las cadenas alimenticias, así como presentar una alta persistencia que fluctúa de unos años a varias décadas (Patin, 1982).

Los plaguicidas organoclorados producen severos efectos adversos en todos los niveles tróficos de los ecosistemas acuáticos: causan la inhibición de la actividad bacteriana en los estuarios, lo que implica una disminución en la transformación del carbono; alteran a las poblaciones nectónicas de poliquetos, moluscos y crustáceos; causan la reducción en la tasa fotosintética del fitoplancton; provocan la disminución de las poblaciones zooplanctónicas y son responsables de la pérdida de fertilidad y el retardo del crecimiento de algunos peces (Mosser *et al.*, 1972; Addison, 1976; Rosales-Hoz, 1979; Reutergård, 1980; Giattina y Garton, 1983; Rendón, 1990; entre otros). Importantes especies pesqueras, como el camarón, sufren el 50% de mortandad en sus poblaciones bajo concentraciones de 0.4 ug/l de DDT en el agua (IPCS, 1989a).

Debido a su amplio uso y a los problemas ambientales con los cuales fueron asociados desde un principio, existen innumerables contribuciones científicas que tratan sobre los problemas causados por el uso indiscriminado de los plaguicidas organoclorados. De los estudios sobre estos compuestos, realizados en sistemas acuáticos de México, se destacan aquellos llevados a cabo en la frontera de los Estados Unidos con Baja California (Núñez, 1973; Suárez-Vidal y Acosta-Ruiz, 1973; Gutiérrez-Galindo, 1980 y 1983; Flores-Báez *et al.*, 1984; Gutiérrez-Galindo *et al.*, 1984 y 1988), todos ellos estuvieron enfocados a detectar la influencia de los campos cultivados de California sobre las concentraciones de organoclorados en organismos marinos, principalmente bivalvos.

Otro de los estudios hechos en el norte del país es el de Albert y Armienta (1975), quienes determinaron las concentraciones de estos compuestos en un sistema de riego que desemboca en la Bahía de Altata y en la Ensenada del Pabellón; estos autores relacionaron las altas concentraciones de plaguicidas encontrados con el estancamiento de la producción pesquera de las áreas antes mencionadas.

Por lo que respecta al Golfo de México, Albert y Figueroa (1985) y Albert y Viveros (1987), encontraron concentraciones elevadas de organoclorados y ftalatos en la región del Río Blanco, aún a distancias considerables de sus fuentes de origen. También para el Golfo de México se pueden mencionar los estudios realizados en sus principales lagunas costeras (Rosales-Hoz y Alvarez, 1979; Rosales-Hoz *et al.*, 1979; Botello, 1982; Botello y Páez, 1986; Díaz y Rueda, 1990) en los cuales se manifiesta un aumento considerable de estos contaminantes en los últimos diez años.

A partir de 1970 los insecticidas organoclorados han sido parcialmente sustituidos en México por otros productos como los organofosforados, los carbámicos y los piretroides. Además, se ha producido una introducción progresiva de otros tipos de plaguicidas como los fungicidas y los herbicidas (Albert, 1986 y 1990).

La literatura disponible sobre los efectos adversos de estas nuevas sustancias sobre el medio acuático es menor que en el caso de los insecticidas organoclorados. Uno de los aspectos que se han descrito es que su toxicidad es afectada por varios factores externos tales como la acidez y dureza del agua; la capacidad de absorción en la materia orgánica suspendida; la dinámica del cuerpo de agua; la naturaleza trófica del ecosistema, entre otros. Es por ello que el efecto de un determinado producto para cada especie puede variar enormemente, dependiendo de las condiciones ambientales (Way, 1969).

En general, los plaguicidas organofosforados son de mayor toxicidad aguda que los organoclorados, sólo que por su baja persistencia, los organofosforados representan un menor riesgo ambiental. Sin embargo, cuando estos compuestos son aplicados en áreas cercanas a cuerpos acuáticos pueden llegar hasta éstos sin haberse degradado por completo y provocar la muerte masiva de organismos. Entre los plaguicidas organofosforados más tóxicos para organismos acuáticos está el azinófos metílico, seguido de paratión, carbofenotión y diazinión (Mulla y Mian, 1981; IPCS, 1986a; Lydy *et al.*, 1990; Alpuche, 1990a).

Los plaguicidas carbámicos, suelen ser poco estables en el agua. No obstante, bajo determinadas condiciones ambientales pueden presentar cierta persistencia. Entre los que llegan a ser letales en bajas concentraciones (menos de 0.5 mg/l), para organismos acuáticos, están el dicarb y carbofurán (Alpuche, 1990b). Diversos estudios, como los realizados por Stewart *et al.* (1967) y Armstrong y Millemann (1974), señalan que el carbaryl es sumamente tóxico para los estadios larvarios y juveniles de organismos acuáticos.

Los piretroides son poco persistentes en el ambiente. Sin embargo, algunos organismos bioacumulan estos compuestos cuando son expuestos a concentraciones subletales de ellos. Se ha comprobado que los invertebrados acuáticos son algunos de los organismos más sensibles a estos compuestos (Smith y Stratton, 1986). Algunas especies de peces son más susceptibles a los piretroides que a los organofosforados y carbámicos. Los valores de CL_{50}^* son, para algunas especies, menores a 1.00 ng/g. Como efectos subletales en peces, por la exposición a este tipo de contaminantes, se presenta separación del epitelio del cuerpo, necrosis de las branquias y alteraciones en el comportamiento (Mulla *et al.*, 1979; Albert *et al.*, 1990).

Entre los herbicidas, los productos más utilizados en México incluyen al 2,4-D, la atrazina, el propanil y el diurón. Grandes cantidades de estos compuestos son acarreadas por el agua de drenaje después de una fuerte lluvia. Esto provoca que, bajo ciertas condiciones ambientales que impidan la difusión del producto, se presenten altas concentraciones de tales productos. Este hecho es importante porque los herbicidas, en general, son especialmente tóxicos para las formas juveniles de peces; es por ello que se recomienda que este tipo de productos no sea utilizado en el control de malezas acuáticas, ni en aplicaciones terrestres cercanas a orillas de ríos y lagunas (Pothuluri *et al.*, 1991; IPCS, 1984 y 1989b).

La presencia de insecticidas organofosforados, carbámicos y piretroides, como los herbicidas en general, no se ha estudiado en ecosistemas costeros de México. Esto se debe principalmente a tres factores: a) su baja persistencia los hace menos importantes, en términos ambientales, en comparación con otros contaminantes como los compuestos organoclorados, los hidrocarburos del petróleo y algunos metales como el plomo, el cadmio y el mercurio; b) esto mismo los hace difíciles de detectar en los programas clásicos de toma de muestras, ya que éstos requieren ser colectadas casi al momento de que el contaminante entra al ambiente, lo que complica el trabajo de campo; y c) las técnicas de laboratorio para su determinación requieren de equipo especial y personal altamente calificado.

Hidrocarburos

Bajo este nombre se incluyen tanto los hidrocarburos del petróleo crudo, como sus productos de refinación. De los constituyentes de esta mezcla que han sido reconocidos como tóxicos en el ambiente están: los aromáticos de bajo peso molecular, tales como benceno, tolueno y xileno; los ácidos derivados de alcanos y cicloalcanos; los fenoles y cresoles; los derivados de azufre y los hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH), como el 3,4-benzopireno, el 1,2-benzoceno, el 1,2-benzafenantreno y el difenilmetano (Carlberg, 1980).

Los hidrocarburos llegan a comprender más del 75% del total de los compuestos del petróleo crudo y de sus productos de refinación (Botello, 1979a), lo que establece una relación directa entre el aporte de estos contaminantes al medio y los derrames inherentes a las etapas de extracción, transporte y refinamiento del petróleo crudo. En este sentido, de acuerdo con estadísticas de PEMEX (1989), el sector petrolero de México quintuplicó su producción entre 1971 y 1985 e incrementó considerablemente su capacidad de transporte y refinación en las últimas dos décadas. Esto ha ocurrido de manera más intensa en las zonas costeras, en donde se han localizado los mayores yacimientos del país y se han establecido los puntos estratégicos de acopio y transporte. Esto ha provocado un aumento en los vertimientos accidentales de hidrocarburos a los ecosistemas en donde se realizan dichas actividades.

* Concentración a la cual muere el 50% de los organismos de una población expuesta experimentalmente.

Estos accidentes adquieren relevancia si se considera que entre las comunidades ecológicas costeras existen hábitats como los manglares, los pastos marinos y los pastos de pantanos, los cuales son sensibles a la contaminación por derrames de petróleo. Esta sensibilidad se debe a que la vegetación ofrece una gran superficie de absorción, mientras que la poca magnitud de los flujos, impide la limpieza de las áreas donde están establecidas dichas comunidades (Baker, 1983; Samiullah, 1985). Estas condiciones pueden provocar la muerte de parte de la vegetación, o un estado de tensión que reduzca su productividad (Cintrón y Schäffer-Novelli, 1983); esto es sumamente importante, si se considera el papel de estas comunidades como fuente de energía para la zona costera (vía detritus) y como áreas de alimento, crianza y protección de una gran variedad de organismos (Odum *et al.*, 1982).

Los efectos de los hidrocarburos sobre los organismos acuáticos dependen de la naturaleza de los compuestos asociados y pueden ser: a) mecánicos, cuando al extenderse sobre la superficie del agua impiden la penetración de la luz solar, con la consecuente disminución de la actividad fotosintética o, cuando se depositan sobre las branquias de peces y crustáceos y les producen la muerte por asfixia; b) químicos, al acumularse ciertas sustancias en el tejido muscular de organismos, sin causar daño fisiológico aparente, pero provocando un mal olor y sabor de éstos; y c) fisiológicos, cuando provocan fenómenos de anestesia y narcosis o el bloqueo de procesos biológicos tales como búsqueda de alimento, selección del hábitat y atracción sexual o, inclusive, daño celular y muerte (Corner, *et al.*, 1976; Botello, 1979a; Baker, 1983; Viveros, 1985).

En relación a las investigaciones sobre contaminación por hidrocarburos en sistemas acuáticos una de las regiones más estudiadas es la zona costera del Golfo de México; región de la cual procede la mayor parte de los recursos petroleros de México. Dentro de estos estudios se pueden mencionar los realizados en áreas estuarinas de Tabasco, Campeche y sur de Veracruz (Botello, 1978; Botello y Mandelli, 1978; Botello, 1979b; Botello, 1980; Botello y Macko, 1982; Botello *et al.*, 1983; Botello y Villanueva, 1987; Botello y Mendelevicz, 1988; Cortés y Botello, 1988; Botello *et al.*, 1990). Tales trabajos muestran que, tanto en sedimentos recientes como en organismos, se han encontrado concentraciones de hidrocarburos asociados a derrames accidentales y sitios cercanos de complejos petroquímicos y/o refinerías. Por su parte, Atwood *et al.* (1987), indican que, tanto los hidrocarburos en solución, como en sedimentos de playa, han aumentado en los últimos años en toda esta región.

Otros trabajos importantes sobre hidrocarburos en el Golfo de México fueron los realizados con motivo del derrame del pozo petrolero IXTOC-1, en 1979. Estos estudios tuvieron como foro las reuniones efectuadas en Florida, U.S.A. (Atwood y Bezdek, 1980) y en México (Secretaría de Marina *et al.*, 1982).

Para el caso del Pacífico Mexicano, puede mencionarse el estudio realizado por Botello (1980), de sedimentos recientes de tres lagunas del Pacífico sur, incluyendo la Laguna Superior. En ninguna de las muestras de estos ecosistemas se encontraron hidrocarburos de origen antropogénico.

Metales

Todos los metales están presentes en la naturaleza y algunos de ellos son esenciales para la vida. Sin embargo, cuando exceden a las concentraciones normales causan serios daños a los organismos acuáticos. Según Wood (1974, citado por Förstner, 1980), desde el punto de vista de la contaminación ambiental, los metales se clasifican en: a) no críticos, b) tóxicos pero muy insolubles o muy raros y c) muy tóxicos y relativamente accesibles (Tabla 1). Dentro de estos últimos destacan por su peligro el arsénico y el selenio, seguidos de los metales pesados mercurio, cadmio, talio y plomo.

Tabla 1. Clasificación de los elementos de acuerdo con su toxicidad y viabilidad (Según Wood, 1974, tomado de Förstner, 1980)

NO CRÍTICOS			TÓXICOS PERO MUY INSOLUBLES O MUY RAROS		MUY TÓXICOS Y RELATIVAMENTE ACCESIBLES		
Na	C	F	Tl	Ga	Be	As	Au
K	P	Li	Hf	La	Co	Se	Hg
Mg	Fe	Rb	Zr	Os	Ni	Te	Pt
Ca	S	Sr	W	Rh	Cu	Pd	Pb
H	Cl	Al	Nb	Ir	Zn	Ag	Sb
O	Br	Si	Ta	Ru	Sn	Cd	Bi
N			Re	Ba		Pt	

La fuente de origen de los metales pesados puede ser natural, por el intemperismo sobre la roca madre. Sin embargo, la magnitud de esta fuente es superada actualmente por los desechos procedentes de industrias químicas, refinerías, papeleras y cementeras, entre otras; así como los contenidos en las aguas de desechos domésticos y los drenajes de los canales agrícolas (Mandelli, 1979, citado por Botello, 1982; Badillo, 1986).

Estos elementos son transportados hacia la zona costera en solución, ligados a la materia orgánica o formando parte de los minerales suspendidos. Los metales pesados no pueden ser eliminados por procesos naturales y tienden a acumularse en los sedimentos de los cuerpos acuáticos, donde permanecen aún después de haber eliminado la fuente de contaminación. A partir de este reservorio pueden ser removidos por varios procesos y entrar a las distintas cadenas bióticas (Voutsinou-Taliadouri, 1981; Osuna-López *et al.*, 1989).

Las consecuencias provocadas por la intoxicación con estos elementos en organismos acuáticos, de acuerdo a los trabajos de Förstner y Wittmann (1979), Rosas *et al.* (1983 y 1984), PEMEX (1986), Hodson (1988) y Villanueva (1990), abarcan desde efectos subletales, como la alteración de las tasas de reproducción, crecimiento y mortalidad de las poblaciones, hasta la pérdida completa de la biota. Se conoce que el plomo causa cambios en el funcionamiento de los tejidos gonádico, respiratorio y hepático de organismos acuáticos, y que las concentraciones en el agua entre 0.1 y 0.4 ug/g afectan a los peces en general. La exposición al cobre puede dañar a los peces al reducir la producción de anticuerpos; este metal llega a ser tóxico para peces en concentraciones mayores a 1.0 ug/g. El cadmio y otros metales pesados, actúan como inhibidores enzimáticos y provocan alteraciones cromosómicas en los organismos que los ingieren.

El mayor riesgo de la ingestión continua de estos elementos es la bioacumulación. Dos de los casos más difundidos de bioacumulación por consumo de alimentos contaminados con metales pesados fueron las enfermedades llamadas "de Minamata" e "Itai-Itai", ambas en Japón, que fueron provocadas por metilmercurio y cadmio, respectivamente. Estas enfermedades causaron la muerte de cientos de personas y daños irreversibles en miles de ellas (Förstner y Wittmann, 1979).

De los estudios sobre estos elementos en sistemas acuáticos de México, se encuentran los realizados en la costa de California, (Suárez y Acosta, 1976; Reynoso y Jorajuria, 1988). Estos estudios estuvieron enfocados principalmente a la determinación de los niveles de concentración en moluscos intermareales; los resultados no indicaron niveles de contaminación apreciables.

Por el contrario, en el Golfo de México se han encontrado elevados niveles de contaminación de estos elementos, tanto en sedimentos como en organismos, sobre todo para la región del sureste. Dicha contaminación ha sido relacionada con el desarrollo industrial-petrolero de esa zona en los últimos años. Tales estudios se han realizado en el Río Blanco (Alvarez *et al.*, 1986; Badillo, 1986); en el Río Coatzacoalcos (Ibarra *et al.*, 1973; Pérez *et al.*, 1983; Páez-Osuna *et al.*, 1986; Villanueva, 1987); en la Laguna de Términos (Hicks, 1976; Páez-Osuna *et al.*, 1987; Ponce, 1988; Botello y Mendelewicz, 1988); en las lagunas costeras de Tabasco (Botello, 1980; Pérez-Zapata, 1981); en la Laguna de San Andrés (Vázquez *et al.*, 1990); así como en áreas extensas de Veracruz y del sureste (Rosas *et al.*, 1983; Villanueva, 1990 y Vázquez, 1991).

No se tiene información de ningún estudio realizado hasta el momento en la Laguna Superior sobre la presencia de metales pesados.

El Efecto de la Contaminación en las Pesquerías Ribereñas

Uno de los graves problemas de la contaminación, provocados por una determinada actividad económica, es el enfrentamiento con otras actividades productivas igualmente importantes. Tal es el caso de los impactos adversos causados por el desarrollo económico de las zonas costeras de nuestro país, que han impedido o disminuido el potencial de aprovechamiento de las pesquerías ribereñas.

La pesca ribereña o artesanal está caracterizada por el uso de técnicas y medios de producción rudimentarios, con el empleo de una gran cantidad de fuerza de trabajo y con la utilización de embarcaciones consideradas como flota menor; el 70% de las embarcaciones tienen una capacidad menor de una tonelada (SEPESCA, 1985). De acuerdo con este mismo estudio, dicha actividad presenta serios problemas por explotación irracional, excesivo intermediarismo e ineficiente infraestructura para la recepción y conservación del producto. Todo esto, agregado a los altos costos de los insumos (motores, combustibles, entre otros) y la mala organización del trabajo, convierte a la pesca ribereña en una actividad poco rentable económicamente. Sin embargo, al proporcionar empleo y sustento a un buen número de personas, dicha actividad tiene una alta rentabilidad social.

Esta importancia social es reafirmada por Breton y López (1989), quienes mencionan que, a pesar de que en el país, al igual que en otras partes del mundo, la pesca industrial es la que aporta la mayoría de la captura de pescado, su contribución para resolver los problemas alimentarios sigue siendo reducida, por el hecho de que una buena parte de la captura allí realizada se destina a la exportación (particularmente a la producción de harina de pescado). Por el contrario, la pesca ribereña, no obstante su modesto volumen de captura, genera más empleos y su producción se ajusta más fácilmente a las necesidades del mercado interno.

Además de las características ya mencionadas para la pesca ribereña, deben considerarse las señaladas por Firth (1968; citado por De la Cruz y Reyna, 1986) para la pesca en general: "la producción pesquera presenta un aspecto cotidiano, dado que el recurso es móvil y extremadamente perecedero; los pescadores con sus ingresos diarios deben enfrentar una serie de incertidumbres en la medida de que su planeación se da a corto plazo; la pesca es aleatoria por su estacionalidad, su movilidad y su diversidad, lo que determina que no todas las capturas sean iguales; como los pescadores no sólo viven de los productos del mar entonces deben, por lo general, participar en una economía de mercado".

Todo lo anterior caracteriza a la actividad pesquera como un sistema de producción frágil e inestable, producto de la variabilidad de la captura y de los precios de sus insumos en el mercado; poco rentable económicamente, pero con una enorme importancia social. Es por ello que los problemas de contaminación, ya sea que afecten a sus artes de pesca y/o a las especies en que se sustenten, pueden crear serios conflictos para las comunidades dedicadas a esta actividad.

La base para evaluar los impactos sociales que ejercen los problemas de contaminación sobre la actividad pesquera ribereña son los estudios antropológicos. En este sentido, de acuerdo con la revisión histórica realizada por Breton y López (1989), la antropología marina tuvo sus primeros estudios serios a partir de 1920 y un interés más generalizado a partir de la década de los sesenta. Fue hasta principios de 1980 que tomó coherencia interna y logró sistematizar razonablemente sus métodos.

Debido a esta reciente consolidación de la antropología marina, los trabajos efectuados sobre comunidades de pescadores en México son escasos y dan pocos elementos que permitan una concepción amplia de sus problemas. Un ejemplo de este tipo de estudios es el de Toledo (1985), quien describió la pesca ribereña de los chontales de Tabasco, dentro del marco del desarrollo petrolero del sureste del país. En este estudio se manifiesta la rápida desaparición de tal actividad debido al fracaso de las estructuras de organización modernas, a la sobreexplotación y al deterioro ambiental.

Otros estudios que dan información general sobre la vida de pescadores son los de SEPECSA (1985); SEP y SEPECSA (1986) y Chenaut (1985), los que describen la vida de los pescadores en diversas costas de México. Asimismo, Ortiz (1985) en su estudio sobre las tecnologías pesqueras en el trópico húmedo de México, caracteriza los principales problemas del sector pesquero y la dinámica regional a la que se somete esta actividad. Este autor concluye que muy pocas unidades de producción pesquera han llegado al límite máximo de su capacidad productiva, es decir, se encuentran subdesarrolladas.

De acuerdo al estudio realizado por SEPECSA (1990) en la región de la Laguna Superior existe una población ribereña de poco más de 22,000 habitantes, de los cuales alrededor de 2,000 se dedica a la explotación pesquera y cuentan con 28 motores, 28 embarcaciones, 1,082 atarrayas para camarón y 74 redes agalleras. En este mismo estudio se señala la inexistencia de cooperativas y la presencia de algunas pequeñas uniones de pescadores que no representan a la mayoría de la población dedicada a esta actividad.

JUSTIFICACION

La zona costera central del Istmo de Tehuantepec, en el sureste de México, ha tenido recientemente un fuerte desarrollo económico. Esta zona adquirió importancia durante el porfiriato, a través del puerto de Salina Cruz. Posteriormente, su crecimiento declinó en la mayor parte del presente siglo (Carrascal, 1984). Sin embargo, con el Proyecto Petrolero del Pacífico; iniciado a finales de los setentas, la infraestructura industrial y portuaria de Salina Cruz se ha incrementado considerablemente (Félix-Díaz, 1984). En la actualidad existen en la región, entre otras actividades, la operación de una refinería que, en su segunda etapa -de un total de cinco-, procesa 170,000 barriles diarios de petróleo crudo; el funcionamiento de un puerto de altura en donde se embarcan crudo y derivados, tanto para la demanda nacional del Pacífico como para la exportación; la realización de grandes obras de construcción, como un puerto petrolero y uno industrial; la construcción del desarrollo turístico "Bahías de Huatulco" que, por su cercanía y magnitud, contribuye al desarrollo económico de la zona; además del desarrollo de otros sectores productivos como la pesca de altura y la agricultura de riego.

Entre los efectos que esta situación ha tenido, se destaca la tasa de crecimiento poblacional de Salina Cruz, Oax. que, para el período 1970-1982, fue de 12.9%; esta cifra contrasta fuertemente con el 2.2% y el 3.3% nacional y estatal, respectivamente (SAHOP, 1982). Lo anterior lleva a considerar a esta zona como generadora potencial de problemas ambientales muy graves en los próximos años.

En esta región de creciente importancia económica se encuentra ubicada la Laguna Superior. Por su extensión y condiciones ecológicas, este cuerpo de agua, junto con el complejo de lagunas del Golfo de Tehuantepec, es el soporte biológico de importantes pesquerías ribereñas (v.g. la lisa) y de altura (v.g. el camarón). Como muestra de este potencial, de acuerdo con SEPESCA (1985), Juchitán, Oax., Tonalá, Chis. y Arriaga, Chis. (principales puntos de comercialización de la pesca artesanal de la región), manejaron poco más de 6000 toneladas de producto durante 1985, en tanto que las oficinas de Salina Cruz, Oax. y Puerto Madero, Chis. (principales puntos de comercialización de la pesca de altura), capturaron alrededor de 9000 toneladas de especies en ese mismo año.

Debido al rápido desarrollo de esta región, las consecuencias del enfrentamientos entre los diversos sectores productivos son aún imprevisibles y no hay estudios que permitan determinarlas. Ejemplo de ello son los conflictos ocurridos entre 1982 y 1984, a causa de una serie de derrames de petróleo crudo y amoniaco, que provocaron serios problemas entre los pescadores ribereños de la región y PEMEX (Anexo I). Esta situación hizo evidente la escasez de criterios científicos para determinar la magnitud de los problemas ambientales de la región y su efecto sobre importantes actividades como la pesca.

Por todo lo anterior, se propuso realizar el presente estudio en la Laguna Superior, Oaxaca, México, bajo un enfoque regional que pretende cubrir los siguientes objetivos generales:

- a) Describir las principales fuentes y tipo de contaminantes de la Laguna Superior, a través de criterios geográficos, e indicar la tendencia de estas fuentes en los últimos años.
- b) Obtener datos socio-culturales sobre la estructura de las comunidades pesqueras de la región, así como establecer cualitativamente las repercusiones sociales que tienen o han tenido los problemas ambientales en ellas; con lo que se intentará dar relevancia a los estudios antropológicos en la evaluación de los problemas de contaminación.
- c) Determinar de manera preliminar los niveles de concentración de plaguicidas organoclorados, hidrocarburos del petróleo y los metales plomo y cadmio -tanto en el medio físico como en organismos seleccionados bajo criterios económicos y ecológicos- como punto de evaluación del estado de contaminación de la Laguna.

AREA DE ESTUDIO

Generalidades

La Laguna Superior se localiza en el sureste de México, en los 16°19'45" de latitud norte y los 94°54'45" de longitud oeste (Fig. 1). Este cuerpo de agua, de aproximadamente 34,000 ha, está catalogado como laguna de barrera Gilbert-de Beaumont y forma parte de un complejo de cinco lagunas interconectadas, comunicadas con el Golfo de Tehuantepec a través de la boca de San Francisco (Lankford, 1977; SEPESCA, 1990).

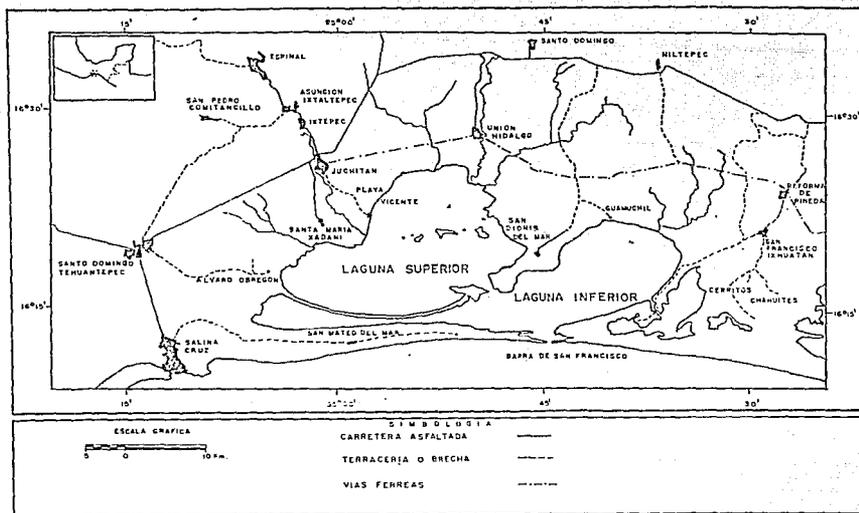


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Clima y Vegetación

Todos los tipos de climas presentes en la región pertenecen al grupo de los cálidos subhúmedos, con temperaturas medias mayores de 22°C ; lluvias de verano (de junio a septiembre con sequía interestival en julio y agosto); isotermales y con una marcha anual de la temperatura tipo Ganges (García, 1980). Los tipos climáticos y las áreas geográficas donde se presentan son los siguientes: Aw_0 (w)ig, toda la porción central y occidental de la planicie costera de la laguna; Aw_1 (w)ig, la porción oriental de la planicie costera y las tierras altas al oeste de las estribaciones de la sierra de Mixes; y Aw_2 (w)ig, en las estribaciones de la sierra Cristalina.

La vegetación mejor representada en la región de la Laguna Superior, es la selva baja caducifolia. Este tipo de comunidad se distribuye desde el nivel de la Laguna hasta los 500 m de altura y presenta, básicamente, dos tipos de asociaciones: vegetación primaria, con especies tales como *Bursera* sp (copal), *Cciba* sp (pochote), *Caesalpinia* sp (cascalote) y *Amphipterigium* sp (cuchalá), entre las más frecuentes; y vegetación secundaria arbustiva, con especies tales como *Haematoxylon brasiletto* (brasil) y *Acacia cornigera* (cornizuelo) (INEGI, 1982).

Los tipos de vegetación que siguen en orden de importancia son los de selva baja espinosa y selva mediana subperennifolia. La primera de ellas se localiza en tierras bajas, por debajo de los 100 m de altura, y está representada por las especies *Pithecellobium* sp, *Prosopis* sp (mezquite) y *Cercidium* sp (palo verde), entre las más frecuentes. La segunda de ellas se distribuye entre los 500 y 1000 msnm y está caracterizada por las especies *Tabebuia* sp (primavera) *Beauvernea* sp (izote) y *Sabal* sp (guano), entre otras. Otros tipos de vegetación menos frecuentes son los de selva alta perennifolia, bosque de pino, bosque de encino y bosque de pino encino. Todos ellos están distribuidos por encima de los 1000 m de altura (INEGI, 1982).

Los rasgos hidrográficos más importantes de la región son los ríos Los Perros, Chicapa, Espantaperros, Verde y Estero Cantera; asimismo, en esta región se encuentra ubicado el Distrito de Riego # 19 de la SARH (D.R.-19). La descarga anual de estos ríos hacia la Laguna es de aproximadamente $1'119 \times 10^3 \text{ m}^3$ (Tamayo, 1949).

Hidrología y Sedimentología de la Laguna

Una de las principales características hidrológicas de este cuerpo de agua es su aislamiento con respecto al mar adyacente (Fig. 2). La influencia del Océano Pacífico sólo se hace sentir en la Laguna después de haber pasado a través de la Boca de San Francisco, la cuenca de la Laguna Inferior y la Boca de Santa Teresa. Se calcula que el volumen de agua que pasa por esta última Boca es menor al 2% del total de la Laguna Superior (Cromwell, 1985).

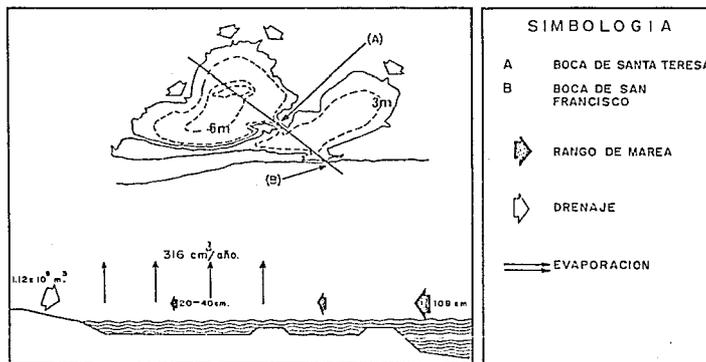


Figura 2. Esquema que muestra el perfil de la Laguna Superior y su aislamiento con respecto al mar adyacente (Datos tomados de Cromwell, 1985)

En contraparte, la descarga de agua dulce hacia la Laguna, a través de los ríos de la región, tiene un carácter estacional, acorde con la temporada de lluvias. La descarga de los drenes del DR-19 se presenta de manera inconstante a lo largo del año.

El aislamiento del sistema, junto con la descarga de los ríos, serían suficientes para dar un carácter hiposalino a la Laguna; sin embargo, la descarga bruta se ve severamente minimizada por las altas tasas de evaporación de la zona. Esta evaporación llega a ser cercana al 70% de la descarga de los ríos, en la época de secas. De esta manera, los valores de salinidad pueden ir, en promedio, desde $14^0/00$ en la época de lluvias hasta poco más de $36^0/00$ en el período de secas (Cromwell, 1985; Secretaría de Marina, 1986).

Un fenómeno regular de las lagunas del Golfo de Tehuantepec es el cierre de las bocas que las comunican con el mar adyacente. Este evento, sumado a la alta evaporación, los vientos del norte, la fuerte irradiación y el embalse de los ríos, descompensa el equilibrio hidrodinámico, climático y ecológico de la zona (SEPECA, 1990). Este mismo estudio señala que el cierre de estas comunicaciones se debe a un fenómeno de embudo de succión de partículas sólidas del Golfo de Tehuantepec, que deposita rápidamente los sedimentos en estas bocas. Según Consultores en Ingeniería Marítima (1970) la boca de San Francisco que comunica a la Laguna Superior, a través de la Laguna Inferior, perdió temporalmente la comunicación con el mar en 1968.

Respecto a los sedimentos, la cuenca de la Laguna (350 Km²) está constituida generalmente por limos y arcillas con algunas conchas y menos del 5% de arena. El contenido de arena se incrementa alrededor de las islas centrales y en la boca de Santa Teresa (Cromwell, 1985; Secretaría de Marina 1986). Los sedimentos de la Laguna, según Ortiz-Gallarza y García (1990), están representados por limos gruesos y medios en la desembocadura de los ríos; arenas finas y muy finas en las zonas aledañas a estas desembocaduras y arenas medias hacia el centro del embalse.

METODOLOGIA

Análisis de las Fuentes de Contaminación

Un primer paso para la delimitación de las fuentes de los contaminantes que inciden en la Laguna Superior fue establecer lo que aquí se llamará "Unidades Ambientales", las cuales permitieron identificar el área geográfica de influencia hacia la Laguna. De acuerdo con lo señalado en la sección de Antecedentes, se consideró a las aguas de escorrentía como la vía de transporte más importante de los contaminantes.

Bajo esta perspectiva se efectuó el análisis de cartas topográficas 1:50 000, con el propósito de delimitar las diferentes subcuencas hidrológicas que componen el área de estudio. En el establecimiento de estos límites se consideró el criterio de cuenca hidrográfica propuesto por López (1988); de esta manera, se tomó en cuenta el drenaje natural y el inducido por actividades humanas, así como factores socio-económicos.

Una vez establecidas estas Unidades, se caracterizaron las fuentes de contaminación presentes dentro de sus límites. Posteriormente se describió el uso del suelo y la vegetación, por medio de fotointerpretación (Escala 1:80 000). Con esta información se elaboraron cartas preliminares, que fueron corroboradas y modificadas mediante observaciones en campo.

Con la finalidad de tener un visión más real del uso del suelo y sus efectos en la zona, La caracterización global de cada una de las "Unidades Ambientales" se complementó con: a) bibliografía especializada, b) datos estadísticos de producción, paquetes tecnológicos agrícolas e informes técnicos de instancias oficiales (SARH, PEMEX, SPP), y, c) entrevistas a técnicos de campo, campesinos, directivos, entre otros.

Parte de toda esta información fue vertida en cartografía preliminar de diferentes escalas y finalmente transferida, mecánica y manualmente, a una sola escala. De esta forma, cada subcuenca quedó representada en una "carta de alteraciones antropogénicas" (Fig. 3).

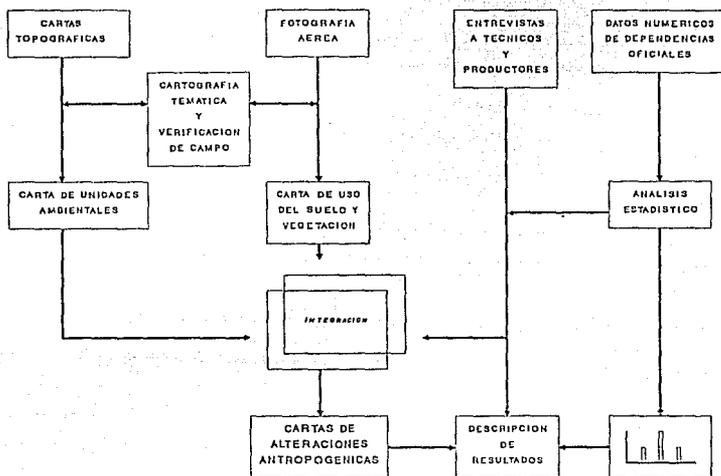


Figura 3. Metodología utilizada para la descripción de las fuentes de contaminación y los tipos de contaminantes, con las tendencias actuales de su uso, en el área de drenaje de la Laguna Superior, Oax.

Estudios preliminares sobre los Niveles de Contaminación

Trabajo de campo

Con el objeto de tener una referencia actual de los principales contaminantes de la región, se determinaron los niveles de concentración de plaguicidas organoclorados e hidrocarburos del petróleo, tanto en sedimentos como en organismos de interés comercial y de los metales plomo y cadmio en sedimentos.

Como se mencionó en la sección de Antecedentes, la selección de estos parámetros se debió a los tipos de fuentes presentes en la zona y a que estos contaminantes han sido incluidos en la lista de sustancias químicas y procesos peligrosos de importancia global para el medio ambiente (UNEP, 1990).

Debido a que las características fisicoquímicas de estos contaminantes les permiten ligarse tanto a la materia orgánica como a los sedimentos, se consideró a los sedimentos del fondo como el mejor indicador para estimar el potencial de movilidad y disponibilidad de dichos contaminantes para el ecosistema (Carlberg, 1980; Reutergrårdh, 1980; Chester y Voutsinou, 1981; Cosma, *et al.*, 1982).

Las muestras de sedimentos fueron obtenidas con una draga Peterssen, en un total de 13 estaciones

de muestreo; (Fig. 4) ocho de estos puntos se ubicaron en las zonas de mayor influencia de los ríos y se tomaron las muestras antes y después del período de lluvias de 1988. Las cinco estaciones restantes fueron ubicadas dentro de los ríos, a 2 km de las desembocaduras de estos embalses, y las muestras se colectaron después del período de lluvias de 1989.

Para los análisis en organismos se seleccionaron cinco especies con base en la importancia que tienen para la región y en aspectos ecológicos, tales como sus hábitos bentónicos y el nivel trófico de la especie. Todos los organismos fueron colectados con la ayuda de pescadores locales en las áreas cercanas a las desembocaduras de los ríos.

Como parámetros de apoyo se realizaron determinaciones *in situ*, en la columna de agua de: temperatura, con un termómetro de mercurio en columna; de concentración de oxígeno, por el Método de Winkler (APHA *et al.*, 1976); y batimetría, por medio de una sonda de profundidad. Asimismo, se tomaron muestras para la determinación en laboratorio de la materia orgánica en sedimento y de la salinidad en columna de agua.

Tanto las muestras de sedimentos como las de organismos fueron conservadas en hielo hasta su transporte al laboratorio, donde se mantuvieron a -20°C , hasta su posterior análisis.

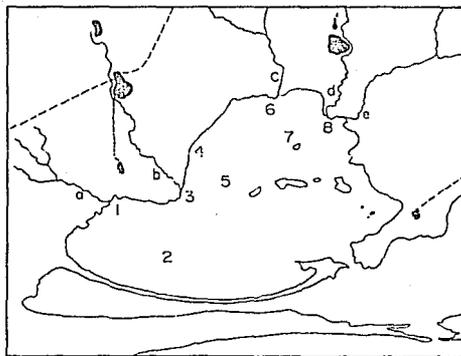


Figura 4. Estaciones de muestreo de sedimentos: 1-8, antes y después del período de lluvias de 1988; a-e, después del período de lluvias de 1989

Trabajo de Laboratorio

Las determinaciones en el laboratorio se efectuaron mediante las siguientes técnicas:

- Plaguicidas organoclorados, según Viveros y Albert (1986), para sedimentos; y Albert y Figueroa (1985), para organismos.
- Hidrocarburos del petróleo, según la técnica propuesta por el Programa CARIPOL (Gold *et al.*, 1987), tanto para organismos como para sedimentos.
- Metales totales (plomo y cadmio), según el Manual para la Determinación de Metales en Muestras Ambientales (INIREB, 1981), tanto en sedimentos como en organismos.

La salinidad en columna de agua y materia orgánica en sedimentos se determinaron mediante un salinómetro de inducción y la técnica recomendada por Walkley y Black (1934), respectivamente.

En la Figura 5 se muestra, de manera general, las diferentes actividades realizadas en el campo y en el laboratorio. Una descripción más detallada de las técnicas empleadas se presenta en el Anexo II.

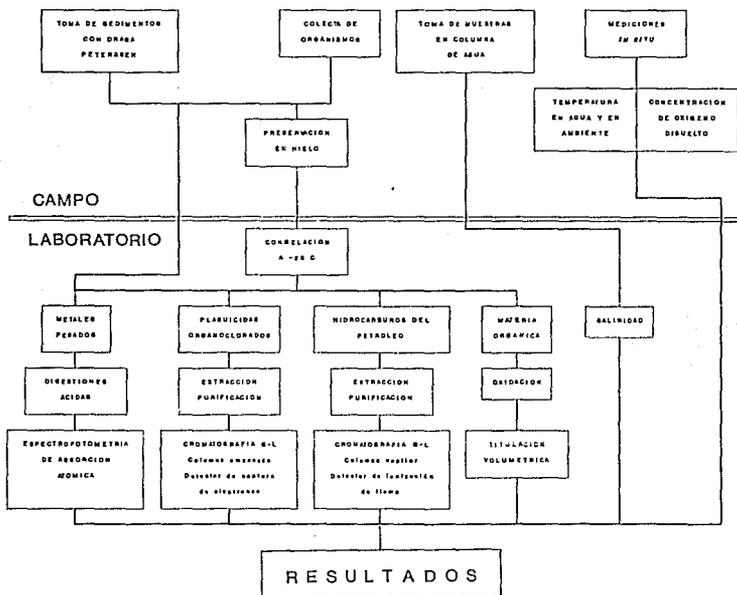


Figura 5. Metodología utilizada para la obtención de datos preliminares sobre los niveles de contaminación de la Laguna Superior, Oax.

Aspectos Sociales de la Pesca Ribereña

Para determinar las repercusiones sociales que podrían tener los problemas de contaminación sobre las actividades pesqueras de la región, fue necesario realizar una descripción de los principales aspectos relacionados con los problemas ambientales. Para obtener un modelo regional de estos aspectos se seleccionó a las comunidades que, por sus características socio-económicas, mantenían una estrecha relación con los procesos productivos de la Laguna. Esta selección se realizó mediante visitas exploratorias a las diferentes poblaciones del área.

Una vez seleccionadas las comunidades, se realizaron entrevistas abiertas con el propósito de elegir a los grupos característicos y a informantes clave* (Rojas, 1991), tomando en cuenta principalmente el tipo de dependencia con la pesca. Posteriormente, mediante visitas periódicas, se realizaron observaciones ordinarias y participantes**, así como entrevistas dirigidas*** con los informantes clave. Estas entrevistas generalmente fueron grabadas y efectuadas, tanto individualmente como, en grupos de tres a cinco individuos; en ocasiones fue necesario el apoyo de un intérprete del idioma zapoteco.

Las entrevistas fueron realizadas en los meses de julio, agosto y diciembre de 1988; enero, febrero, julio y septiembre de 1989 y febrero y mayo de 1990. Generalmente tuvieron una duración de dos a tres días; con una frecuencia de dos a cuatro salidas al mes. El total de entrevistas dirigidas fue de 63.

Durante las observaciones participantes fueron colectados los organismos de interés comercial, así como las muestras biológicas para la determinación de los niveles de contaminación. Posteriormente, estos organismos fueron identificados en el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Salina Cruz, Oax., en tanto que las muestras se trataron de acuerdo con las técnicas ya descritas.

Toda la información recabada fue concentrada en fichas *ad hoc*. y clasificada tomando en cuenta, parcialmente, la guía para datos culturales propuesta por Murdock *et al.*, (1954). Los temas generales de esta clasificación y su contenido fueron:

Especies, Artes y Métodos de Pesca. Incluye nombres comunes y científicos de las especies más importantes; tipos de embarcaciones y redes; lugares dónde se realiza la actividad; número de personas que participan; meses o épocas del año en que se desarrolla la actividad; frecuencia con que se realiza; números, pesos y medidas.

* Son aquellos individuos que se encuentran en una posición (económica, social o cultural) dentro de su comunidad, que les permite proporcionar información que otras personas desconocen o darían incompleta; pueden ser los representantes formales o informales de grupos sociales y sus opiniones y recomendaciones reflejan el sentir del conglomerado en que viven (Rojas, 1991).

** La técnica de observación participante es la que se efectúa dentro del grupo, como parte activa del mismo. El investigador se somete a las reglas formales e informales del grupo social; interviene en los distintos actos y manifestaciones de su vida; tiene acceso a sitios de reunión exclusivos del núcleo. En contraparte, la observación ordinaria es la que se realiza fuera del grupo, es decir, sin participar en los sucesos de la vida de la comunidad estudiada (Rojas, 1991).

*** Consiste en una guía de preguntas abiertas o temas a tratar, los cuales se derivan de los indicadores que deseen explorarse. Esta técnica permite captar información abundante y básica del problema, pero requiere de una relación de confianza con el informante para garantizar la veracidad de los datos recopilados (Rojas, 1991).

Percepción ecológica. Conocimiento sobre los distintos procesos que ocurren en la laguna, tales como; comportamiento de especies pesqueras (reproducción, migraciones); fenómenos ambientales relacionados con la pesca (influencia del sol, la luna, la lluvia, las mareas); visión sobre los problemas de contaminación (definición, efectos, comportamiento); entre otros.

Visión del pasado y organización actual. Descripción de acciones en el pasado y presente, sobre aspectos tales como; artes y métodos; especies importantes; formación de grupos, participación de la familia; establecimiento de líderes; comercio, entre otros.

Antecedentes sobre Problemas de Contaminación. Respuesta de la comunidad a este tipo de problemas y su proyección a corto mediano y largo plazo.

Un diagrama simplificado de la metodología utilizada para la obtención de datos socio-culturales relacionados con la pesca ribereña se muestra en la Figura 6.

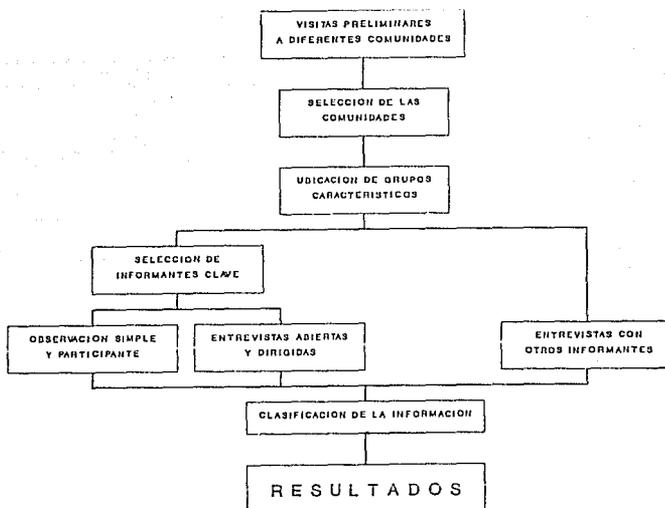


Figura 6. Metodología utilizada para la obtención de datos socio-culturales relacionados con la pesca ribereña y con los problemas de contaminación de la Laguna Superior, Oax.

RESULTADOS

Análisis de las Fuentes de Contaminación

Caracterización de las Unidades Ambientales

Con base en el análisis del drenaje, el área de estudio incluía inicialmente a la cuenca hidrológica del Río Tehuantepec (Fig. 7). Esta se consideró debido a que el canal principal del Distrito de Riego # 19 que rodea a la Laguna, tiene su origen en la Presa Benito Juárez. Sin embargo, la citada cuenca fue excluida por tres razones: a) un análisis preliminar, con cartografía a escala 1:250 000, indicó la ausencia de alteraciones antropogénicas importantes; b) la presa podía minimizar el aporte de algunos contaminantes, al retener los sólidos en arrastre y suspensión; c) la gran magnitud de la superficie de drenaje la hacía poco manejable para los fines del estudio.

De esta manera, el área de estudio incluyó finalmente a las cuencas hidrológicas de los ríos Los Perros, Chilona, Verde, Chicapa, y el Estero Espantaperros, así como el DR-19 de la SARH. La superficie considerada fue de aproximadamente 375,000 ha, la cual fue dividida en seis subcuencas o "Unidades Ambientales"; A continuación se describen estas seis subcuencas siguiendo un orden de este a oeste.

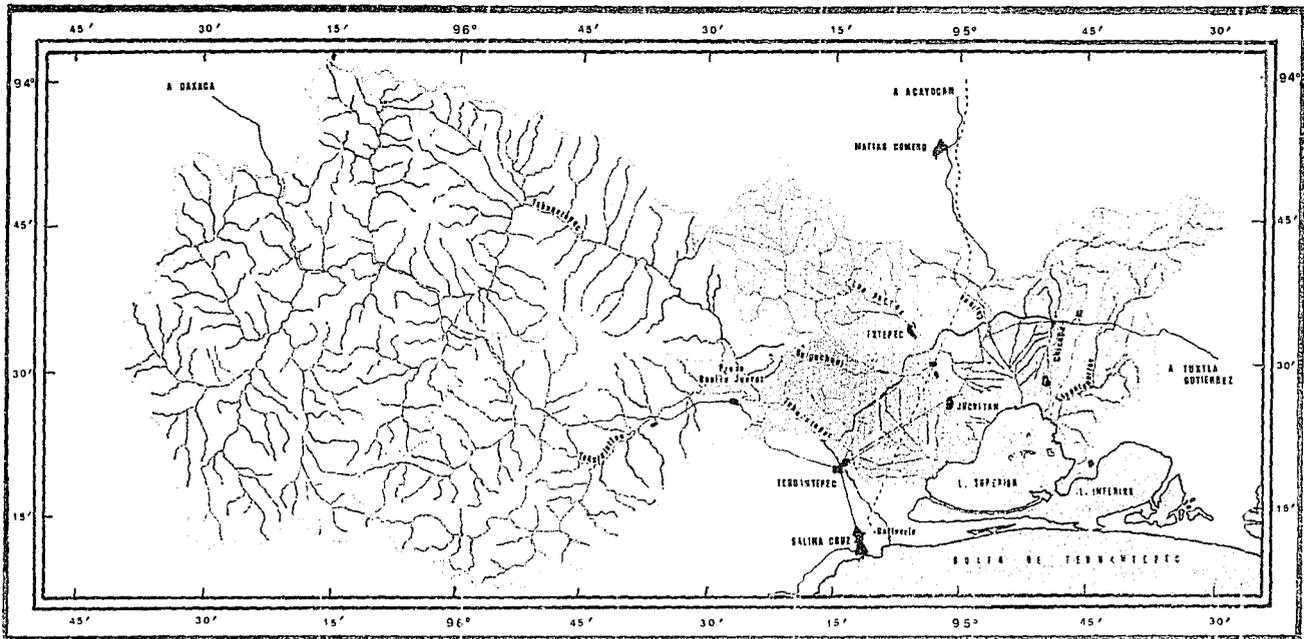
Guiguchuni-DR-19. Esta subcuenca se constituye principalmente por el drenaje de los ríos Guiguchuni, Los Amates y pequeños tributarios del Río Tehuantepec (aguas abajo de la presa Benito Juárez), así como por la porción occidental del DR-19. Esta Unidad (Carta I, Anexo III) ocupa el segundo lugar en extensión entre todas las subcuencas del área de estudio. La distancia máxima del límite de la cuenca hacia la Laguna Superior, siguiendo el drenaje natural, es de 50 Km.

La Unidad presenta menos del 40% de cobertura con vegetación natural. Esta vegetación, representada por selva baja caducifolia, se localiza principalmente en la zona de captación de la cuenca, por encima de la cota de los 100 m. La cuenca baja está ocupada principalmente por agricultura de riego. Esta actividad se concentra en el cultivo del maíz; en menor proporción hay pastizales y caña de azúcar. Alrededor del estero Xubasiña se localizan pequeñas áreas de selva baja espinosa y manglar.

En el área bajo riego se localizan los derechos de vía del Corredor Transistmico (CT) y el Corredor Nuevo Teapa-Salina Cruz (NT-SC), de Petróleos Mexicanos, con 22 y 23 Km de longitud, respectivamente. La distancia mínima entre estos derechos de vía y la Laguna es de 8 Km. El corredor NT-SC cruza seis arroyos y 14 canales de riego, en tanto que el CT atraviesa los mismos seis arroyos y 11 canales de riego. En este último Corredor han ocurrido tres derrames accidentales. Dos de éstos (uno de crudo y otro de amoníaco) han derivado sobre el drenaje que desemboca en el Canal Igú, el tercero ocurrió en los límites con la subcuenca Los Perros, en las cercanías de la población de Espinal.

Los Perros. La Unidad que recibe este nombre, se conforma básicamente por la cuenca hidrológica del Río Los Perros y sus tributarios, los ríos Algodón, Guichicovi, Trapiche, Agua Blanca y Llenagana. Esta subcuenca (Carta II, Anexo III) ocupa el primer lugar en extensión del área de estudio. Más de la cuarta parte de la superficie total del drenaje de la Laguna está representada en esta Unidad. La distancia máxima desde la zona de captación hasta la desembocadura, siguiendo el cauce del Río Los Perros, es de casi 100 Km.

Cerca del 90% de la Unidad está cubierta por vegetación natural, sobre todo en la zona de captación. Dicha vegetación se compone principalmente de selva baja caducifolia, con pequeñas áreas de bosque de pino, bosque de pino-encino y bosque mesófilo en los límites de la cuenca. Algunas pequeñas áreas de temporal y de pastizales inducidos se encuentran dispersas en esta zona.



SIMBOLOGIA

GENERALIDADES

LIMITE DE CUENCA; DE SUBCUENCA	---
DRENAJE NATURAL; DE RIEGO	—
CENTROS DE POBLACION	■
VIAS TERRESTRES; GASODUCTO	—

UNIDADES AMBIENTALES

TEHUATEPEC-TEQUISISTLAN		CHICAPA	
GUIGUCHUNI-D.R. 10		ESPANTAPERROS	
LOS PERROS		SAN DIONISIO	
CHILONA-D.I.L. 1'			

CONTEXTO REGIONAL DE ALGUNOS CONTAMINANTES
Y SUS IMPLICACIONES LOCALES
EN LA LAGUNA SUPERIOR, OAXACA

CARTA DE UNIDADES AMBIENTALES

La cuenca baja, o de depositación, presenta extensas áreas de agricultura de temporal. En los últimos 30 Km de la subcuenca se encuentran ubicados los asentamientos humanos más importantes de la Región: Ciudad Ixtepec, Asunción Ixtaltepec, Espinal y Juchitán de Zaragoza. En la desembocadura del Río Los Perros se localizan pequeñas áreas de manglar rodeadas de selva baja espinosa.

Un pequeño tramo de los Corredores de ductos de PEMEX atraviesa la subcuenca a la altura de la población de Espinal. La distancia mínima de este cruce hacia la Laguna, siguiendo el curso del río, es de 22 Km.

Chilona-DR-19. Esta Unidad se encuentra integrada por las cuencas de los ríos Chilona y Verde, así como la porción oriental del DR-19 de la SARH. La Unidad (Carta III, Anexo III) ocupa el tercer lugar en extensión de toda el área de estudio. La distancia máxima entre el límite de la cuenca y la desembocadura de la misma en la Laguna, siguiendo el drenaje natural, es de 50 Km.

Al igual que la subcuenca *Guiguchuni*, la zona de captación presenta alrededor del 40% de su superficie con vegetación natural y porcentajes similares de áreas de agricultura de temporal. Asimismo, la mitad de la subcuenca presenta actividades agrícolas bajo riego. Una diferencia notable entre esta Unidad y la de *Guiguchuni* es que la caña de azúcar es el cultivo principal y poco más del 60% de las tierras bajo riego están ociosas. En la desembocadura de el Río Verde, bordeando al Estero *Quije*, se localizan las áreas de manglar más extensas de la Laguna, las cuales están rodeadas de selva baja espinosa. En esta zona de manglares se realiza la extracción de sal.

En esta Unidad, cerca de la población de Espinal, se localiza el Ingenio José López Portillo, cuyo desagüe recorre cerca de 15 Km, para desembocar en las inmediaciones de la Laguna Superior.

Al noroeste de la subcuenca pasan los derechos de vía de Petróleos Mexicanos. El Corredor NT-SC cruza seis arroyos y nueve drenes, en un tramo de 21 Km. En tanto que el CT atraviesa, a lo largo de 23 Km, un total de siete arroyos y once canales de riego. En este último derecho de vía han sucedido tres derrames accidentales de hidrocarburos en los últimos diez años; uno de ellos derivó hacia el Estero *Quije* a través de los drenes de riego. Siguiendo el drenaje de la subcuenca, la distancia mínima entre los sistemas de ductos y la Laguna es de 20 Km.

Chicapa. Esta subcuenca se constituye principalmente por el drenaje del Río Espíritu Santo y sus tributarios los ríos Grande y Agua Caliente. Dicha Unidad (Carta IV, Anexo III) ocupa el cuarto lugar en superficie en el área de estudio. La distancia máxima al límite de la cuenca, siguiendo el curso del Río Espíritu Santo es de 90 Km.

Al igual que la subcuenca *Los Perros*, la mayor parte de su superficie presenta áreas de vegetación natural, confinadas a la zona de captación. Los tipos de vegetación presentes en esta zona son los de selva mediana perennifolia y bosque de pino. En la zona media de la subcuenca, al igual que en las otras Unidades, la vegetación está representada principalmente por selva baja caducifolia. Este tipo de vegetación está mejor conservada, por lo que presenta un mayor número de especies primarias.

La zona de depositación, o cuenca baja, está prácticamente cubierta por áreas de temporal y de riego. Sin embargo, éstas no representan más del 13% y 6% del total de la unidad, respectivamente. Las áreas de riego son exclusivamente para el cultivo de caña de azúcar y están bajo el control del Ingenio Santo Domingo, cuyas aguas de desecho son vertidas al sistema de riego.

En esta zona de depositación también se localizan las comunidades de Santo Domingo, Unión Hidalgo y Chicapa de Castro.

Espantaperros. La Unidad que lleva este nombre está conformada por la cuenca hidrológica del Estero Espantaperros y sus tributarios los ríos Blanca, El Oate y La Naranja. La extensión de esta Unidad (Carta V, Anexo III) es similar a la anterior, sólo que su cuenca de captación es más pequeña y con menores valores altitudinales. La distancia máxima de la Laguna hacia el límite de la cuenca, siguiendo el drenaje natural, es de aproximadamente 45 Km.

Poco más del 70% de la Unidad se encuentra cubierta por vegetación natural, principalmente de selva baja caducifolia. A diferencia de la subcuenca Chicapa, las áreas de temporal y los pastizales están bien representadas, con un 17 y 12% de la superficie total.

San Dionisio. Esta Unidad se encuentra integrada por arroyos semipermanentes que drenan, de manera aislada, la porción más oriental de la Laguna Superior. Dicha Unidad (Carta V, Anexo III) es la más pequeña dentro del área de estudio, su extensión apenas representa el 1% del total de la cuenca y la distancia máxima del límite de la cuenca es de 4 Km. No presenta un patrón de drenaje muy definido. Cerca de dos terceras partes de su extensión corresponden a selva baja caducifolia, el resto lo constituyen áreas de temporal y secciones sin vegetación aparente.

Con el propósito de evaluar las fuentes de contaminación, a continuación, se describen las principales actividades de la región con énfasis en la tendencia que han presentado en los últimos diez años.

Contaminantes Generados por las Actividades Agrícolas

Puede afirmarse que la tendencia del uso del suelo, en los últimos diez años (Fig. 8), ha sido la actividad agrícola, a la cual se le dedica el mayor porcentaje de la superficie de la cuenca (40%). De esta superficie, cerca de 40,000 ha son de temporal y, poco más de 11,000 ha, pastizales inducidos, lo que representa poco más del 10% y el 3% de la cuenca, respectivamente. Asimismo, casi la cuarta parte de la cuenca está bajo sistema de riego; sin embargo, estas áreas irrigadas presentan una notable subutilización, ya que alrededor del 50% se mantienen ociosas. Los principales cultivos bajo riego son el maíz, la caña de azúcar y los pastizales. La superficie aproximada que ha estado bajo riego es: para el cultivo del maíz, cerca de 18,000 ha; para la caña de azúcar, más de 12,000 ha y poco más de 9,000 ha para los pastizales cultivados, lo que representa el 20%, 14% y el 10% del total del área irrigada.

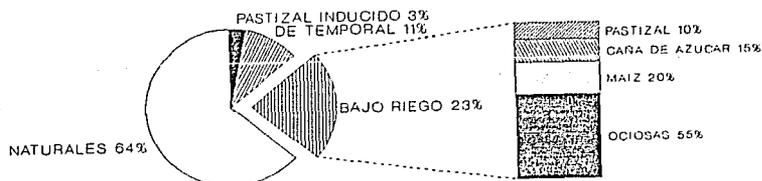


Figura 8. Tendencias del uso del suelo en la cuenca de drenaje de la Laguna Superior

Datos oficiales inéditos de la SARH, muestran que las hectáreas dedicadas a estos tres cultivos han tenido fluctuaciones importantes en los últimos años (Fig. 9). Para el caso del maíz y la caña de azúcar, los descensos en la superficie utilizada son significativos.

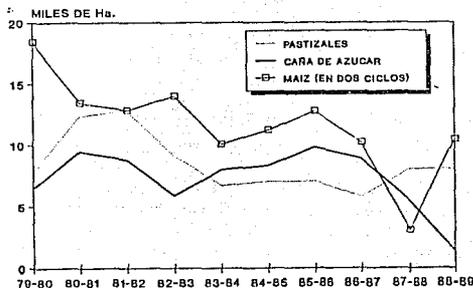


Figura 9. superficie sembrada de los principales cultivos en el Distrito de Riego # 19 (A partir de datos inéditos de SARH)

Con base en la revisión del paquete tecnológico, los informes oficiales de SARH (inéditos), y las entrevistas a técnicos de campo y campesinos, se encontró el uso de 12 productos comerciales (Tabla 2). A continuación se hace una descripción de las principales características de las actividades agrícolas y se señala el tipo de contaminantes que generan.

Tabla 2. Agroquímicos utilizados en la cuenca de drenaje de la Laguna Superior, Oaxaca

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ¹	USO	CLASE QUÍMICA ²
BHC	LINDANO	INSECTICIDA	ORGANOCLORIDO
FURADAN	CARBOFURAN	INSECTICIDA	CARBAMIDO
FOLIDOL	PARATION ETILICO	INSECTICIDA	ORGANOFOSFORADO
DIPTEREX	TRICLORFON	INSECTICIDA	ORGANOFOSFORADO
LORSEBAN 450-E	ICLORPIRIFOS	INSECTICIDA	ORGANOFOSFORADO
MUVACRON	MONOCROTOFOS	INSECTICIDA	ORGANOFOSFORADO
FOSFURO DE ZINC	P ₂ Zn ₃	RODENTICIDA	
GESAPRIN	ATRAZINA	HERBICIDA	TRIAZINA
GESAPAX	ATRAZINA	HERBICIDA	TRIAZINA
FAENA	GLUFOSATO	HERBICIDA	ORGANOFOSFORADO
HESTERON Y TORDON	2,4-D	HERBICIDA	ACIDO FENOXACETICOS
KARMEX	DIURON	HERBICIDA	UREAS
UREA	NITROGENO ORGANICO	FERTILIZANTE	
TRIPLE 17	N (17%); P (17%); K (17%)	FERTILIZANTE	

1: Nombre genérico del principal ingrediente activo (Albert, 1990)

2: Según Consultores Ambientales Asociados (inédito)

Agricultura de Temporal. En este sistema de siembra, el cultivo principal es el maíz, el cual generalmente se lleva a cabo sólo durante el ciclo primavera-verano. La dependencia del temporal en estas áreas con baja precipitación pluvial y vientos muy fuertes, determina que la superficie cosechada sea mucho menor a la sembrada, con un rendimiento por debajo de un tercio de tonelada por hectárea. Dicha situación se torna aún más grave en períodos de sequía prolongada, como los registrados durante los años 1986, 1987 y 1988, en los cuales la producción llegó a ser nula (Fig. 10).

En la agricultura de temporal prácticamente no se usan agroquímicos, sólo algunos informantes mencionaron utilizar Folidol, para combatir al gusano barrenador del maíz, el cual ataca principalmente durante la época de secas. Otros cultivos de temporal presentes en menor escala son el sorgo y el ajonjolí. Los informantes también mencionaron aplicar úrea como fertilizante.

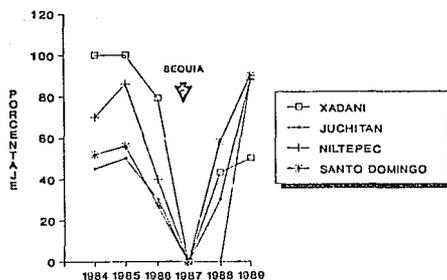


Figura 10. Proporción de maíz de temporal cosechado con respecto al sembrado, en la cuenca de drenaje de la Laguna Superior (A partir de datos inéditos de SARH)

Maíz Bajo Riego. Para este cultivo más del 80% de los campesinos utiliza la semilla criolla que ellos mismos producen. A pesar de que existen fechas en las cuales se recomienda iniciar la siembra, no existe un control sobre esto. Un análisis de los datos recopilados en los últimos años (información inédita del Colegio de Posgraduados de Chapingo) (Fig. 11), revela que durante el ciclo primavera-verano, poco más del 40% de las siembras se realizan en el mes de julio, alrededor del 30% en el mes de agosto y el resto entre junio y septiembre. En tanto que para el ciclo otoño-invierno, el 30% de las siembras se realizan en febrero, otro porcentaje similar en diciembre y el resto en enero y marzo. Los meses en los que prácticamente no se inicia la siembra son mayo, octubre y noviembre.

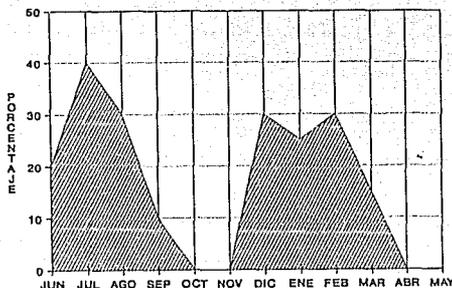


Figura 11. Tendencias en la época de siembra de maíz bajo riego en últimos 10 años (a partir de datos inéditos del Colegio de Posgraduados de Chapingo)

Según los informantes locales, para este cultivo se aplica la única fertilización aproximadamente a los 25 días después de la siembra (cada ciclo consta de 90 días). Esta fertilización se realiza con nitrógeno inorgánico en proporciones que varían con cada productor. Un análisis de los datos de los últimos años indica que la proporción más frecuente fluctuó entre los 60 y 100 Kg/ha.

Las plagas que inciden en el cultivo, según los técnicos de SARH y productores, son: la "vica", que ataca el cultivo en las primeras dos semanas de haberse sembrado y es controlada con aplicaciones de los productos Folidol y Furadán TS, en dosis de 1 l/ha.; el "gusano cogollero", el cual ataca entre los 30 y 40 días de la siembra y se combate con los productos Lorsban 480-E y Dipterex PS al 80%, en dosis de 1 l/ha.; y el chapulín, que puede atacar en cualquier etapa del maíz, pero más frecuentemente en las últimas etapas del ciclo de vida y se combate con aplicaciones de Folidol en las dosis ya referidas.

El análisis de la información del Colegio de Posgraduados de Chapingo indica que, en los últimos años, entre 10 y 30% de los cultivos presentó plagas; en casos excepcionales se reportaron poco más del 50% (ciclo primavera-verano 1988). Sin embargo, de acuerdo con las entrevistas formuladas, en menos del 10% de los cultivos afectados se combatió a dichas plagas. Los datos del mismo estudio indican que el más del 50% de los productores destinan la mitad de lo que cosechan para el autoconsumo y el resto para vender. Sólo un pequeño porcentaje (menos del 10%) comercializa el 100% de su producción.

Los técnicos de la SARH entrevistados durante el presente estudio, señalaron que la producción maicera se encuentra por debajo de los niveles óptimos. Esta baja producción la adjudican a: a) la utilización de semilla criolla en vez de la mejorada; b) la heterogeneidad de las fechas de siembra, con lo que se dificulta la distribución del agua de riego, lo que provoca escasez en algunas parcelas y desperdicio en otras; c) la ausencia de mecanización y la baja densidad de la siembra d) la falta de financiamiento a los productores y e) la deficiencia en el abastecimiento de insumos, principalmente el fertilizante.

Por otro lado, los campesinos entrevistados indicaron que prefieren no utilizar la semilla mejorada, porque es más difícil de sembrar y porque la atacan fácilmente las plagas, por lo que tienen que gastar en insecticidas. Argumentan que las diferencias de producción son mínimas entre los dos tipos de semilla (cerca de 1 t/ha más) y el precio de garantía del producto no justifica el gasto. Aunado a esto, algunos informantes afirman que, debido al sabor de la masa, la semilla mejorada no sirve para hacer totopos (una de las principales formas de consumo de maíz en la región), lo que disminuye su valor de industrialización.

Caña de Azúcar. La actividad cañera está regulada por los dos ingenios azucareros de la zona. El Ingenio Santo Domingo, en el municipio del mismo nombre, es el más antiguo, algunas de las parcelas de su área de influencia (aprox. 25% de la superficie total) se han utilizado por más de 100 años. Por el contrario, el Ingenio José López Portillo, en el municipio de Espinal, se formó recientemente, en 1978. Antes de esa fecha, el área de influencia de este Ingenio (aprox. 75% de la superficie actual) era utilizada para el cultivo del arroz.

Las fechas de siembra se establecen de acuerdo con las fechas de cosecha. Esta última se realiza cuando las variedades detienen su crecimiento por la floración, lo cual ocurre de septiembre a diciembre. Debido a lo anterior, ya que no toda la producción puede ser procesada al mismo tiempo en los ingenios, los terrenos son cosechados entre noviembre y abril, en tanto que la época de siembra va desde mayo hasta mediados de octubre*. La fertilización se lleva a cabo con los productos Triple 17, en dosis de 550 Kg/ha., y 150 Kg/ha de urea. De acuerdo con las entrevistas realizadas, las principales plagas que atacan al cultivo de la caña son las malezas, el gusano barrenador y la rata de campo.

Las malezas se combaten con tratamientos pre-emergentes y post-emergentes, es decir antes y después de la aparición de la maleza y el establecimiento del cultivo. El herbicida pre-emergente más utilizado en los últimos años es el llamado Karmex, con aplicaciones de 3 Kg/ha. Este producto logra detener el surgimiento de las malezas por unos 20 días. Posteriormente, se aplica el herbicida post-emergente Gesapax H 375, en dosis de 1 l/ha. Con este herbicida se detiene a las malezas durante dos meses más; tiempo suficiente para que el cultivo se fortalezca. En ocasiones, cuando no se aplica ninguno de estos tratamientos y las malezas alcanzan una condición perenne, se utiliza el Gesapax Plus, a razón de 5 a 7 l/ha. Este herbicida tiene una acción mucho más drástica, por lo que no debe aplicarse antes de que la caña tenga dos meses de edad, para evitar que también la elimine.

Aunque se presenta todo el año, el gusano barrenador, normalmente afecta al cultivo entre abril y septiembre. Para esta plaga se han utilizado los plaguicidas Tordon y Nuvacrom, a razón de 1.5 l/ha. Debido a que estos productos son lavados fácilmente por las lluvias, se ha estado sustituyendo por Baytrol, en dosis de 1 l/ha. La rata de campo ataca al cultivo a los dos o tres meses de la siembra y se combate a través de campañas irregulares. Para tal fin se utilizan cebos llamados torpedos, hechos a base de fosfuro de zinc.

De manera general, se puede afirmar que el uso de plaguicidas y fertilizantes es mayor y más estricto para los cultivos nuevos (cepas nuevas o cultivos en planta). Estas áreas incluyen tanto a las tierras en que por primera vez se efectúa tal actividad, como a aquellas que presentan un bajo rendimiento en la última zafra (menos de 45 t/ha) y que requieren ser sembradas nuevamente. Debido a que el rendimiento de las cepas disminuye con los años y a que existe una apertura constante de nuevas tierras para la siembra, siempre hay áreas con cepas nuevas. El incremento de nuevas tierras para el cultivo, junto con las campañas de aplicación, ha provocado fluctuaciones tanto en la frecuencia de uso, como en la cantidad de hectáreas de cultivos tratados con estos plaguicidas (Fig. 12).

* La caña que es sembrada por primera vez (llamada en planta, plantilla o cepa nueva) se cosecha hasta el siguiente año. A diferencia de las zocas y rezocas (zocas: cultivo con un corte; rezocas: con dos cortes o más), cuyo crecimiento va de seis a nueve meses.

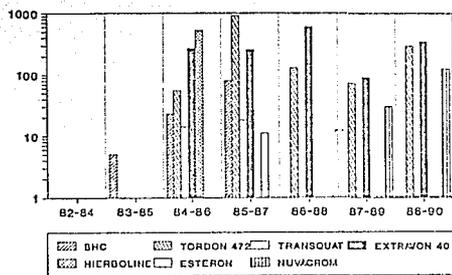


Figura 12. Superficie de caña de azúcar (ha) tratada con diferentes plaguicidas (A partir de datos inéditos del Ingenio José López Portillo)

Con base en las entrevistas realizadas, se puede afirmar que la diferencia en años de producción de los dos ingenios también determina el uso de agroquímicos en el cultivo. Debido a que las tierras que tienen más años de estarse cultivando son las del Ingenio Santo Domingo, la presencia de plagas allí es mayor. Además los campesinos de este Ingenio están más acostumbrados a la aplicación del paquete tecnológico. Es por ello que dicha aplicación se da hasta en un 80%. El 20% restante no aplica por miedo a los envenenamientos; en las encuestas realizadas a campesinos, algunos aseguraron que las intoxicaciones con plaguicidas son más o menos frecuentes y, por lo menos, se supo de dos casos de muerte por esta causa. En contraste, en el Ingenio López Portillo, no existe una tradición hacia el cultivo y, no obstante las campañas por parte de los técnicos de campo, el campesino se rehusa sistemáticamente a aplicar plaguicidas, lo cual hacen no en más de un 25%. Esto es especialmente cierto para el combate de las malezas (Fig. 13), ya que el campesino prefiere el "chapeo", aunque sea más caro, que el uso de herbicidas.

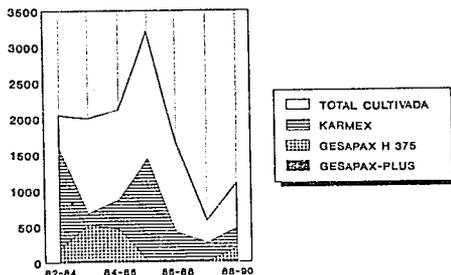


Figura 13. Superficie tratada con herbicidas en tierras del Ingenio José López Portillo (hectáreas de Ceapas Nuevas 1982-1990; a partir de datos inéditos del mismo Ingenio)

Pastizales. Para esta actividad prácticamente no se aplica ningún agroquímico; sobre todo en las zonas de temporal, en donde los pastizales sólo son inducidos mediante la quema de la vegetación natural. En el caso de los pastos cultivados, éstos son implantados en las zonas bajo riego que se han desechado para otros cultivos (v.g. maíz y caña de azúcar). La gramínea más utilizada es estrella de África (*Cynodon plectostachyium*) la cual está frecuentemente asociada a otras forrajeras tales como "jaragua" (*Hyparrhenia rufa*) y "privilegio" (*Panicum maximum*). Actualmente hay problemas con el "zacate blanco", una maleza que se ha convertido en plaga. Sin embargo, no utilizan herbicidas ni fertilizantes químicos.

Contaminantes generados por las Actividades Petroleras

Descripción del Sistema de Ductos. Hacia la porción occidental de la Laguna atraviesan, en dirección NE-SO, los derechos de vía del CT y del Corredor NT-SC. Ambas vías, propiedad de Petróleos Mexicanos, conducen hacia la terminal marítima y la refinería de Salina Cruz, Oax. crudo y derivados procedentes de la zona costera del Golfo de México. El CT recorre cerca de 47 Km dentro de la cuenca, con un derecho de vía de 15 m de ancho. Los ductos son un poliducto de 16", un amoniaducto de 10", un gasoducto de 6" y un oleoducto de 10". Este último está actualmente en desuso. El Corredor NT-SC, presenta dos oleoductos de 30" y 48", y recorre aproximadamente 45 Km dentro de la cuenca. El derecho de vía de este último Corredor generalmente es el mismo del Transístmico; cuando esto sucede, esta vía se amplía a 50 m de ancho.

Derrames Más Importantes

En los últimos diez años han ocurrido diez derrames accidentales dentro de la cuenca de drenaje de la Laguna Superior, algunos de ellos con fracturas múltiples. Todos estos derrames corresponden a los ductos del Corredor Transístmico. Los accidentes que se detallan a continuación, con base en los informes oficiales (Anexo I), son los más importantes.

Derrame de crudo sobre el Canal Igú. Este accidente fue consecuencia de una de las 13 fracturas que tuvieron lugar sobre el oleoducto de 10" entre los últimos días de septiembre y los primeros de octubre de 1983. En el momento de estas fracturas, el oleoducto tenía cerca de 40 años de haberse construido y cerca de diez de no estar en funcionamiento. El accidente se produjo cuando se trataba de desalojar el crudo almacenado en la tubería por medio del rebombeo de agua.

En los informes oficiales no se indica el volumen del producto derramado, sólo se menciona que durante los trabajos de limpieza que requirieron alrededor de 100 horas/hombre, se lograron recuperar cerca de 10,000 barriles de petróleo crudo. Entre los impactos generados por el derrame se menciona la mortandad de gran cantidad de aves y crustáceos y la afectación de los esteros Blaxbiyo, Río, Grande y Xhubaxiña, los cuales desembocan en la Laguna Superior (Carta I, Anexo III), así como poco más de 7 Km. de la ribera sur de la Laguna. Según estos informes las actividades de la pesca en la zona quedaron interrumpidas más de un mes. Por concepto de indemnizaciones se erogaron poco más de 17 millones de pesos, repartidos en montos de un salario mínimo para cada pescador.

Derrame de amoniaco sobre el Canal Igú. Al igual que el derrame antes señalado, este accidente ocurrió en la misma zona, el 18 de mayo de 1984 (Carta I, Anexo III). En este caso se trató de una fractura en el amoniaducto de 10", cuyo producto llegó hasta la Laguna Superior rápidamente por el efecto de acarreo de la lluvia.

En los informes no se detalla el volumen derramado ni las máximas concentraciones de amoniaco que se alcanzaron en la Laguna, sólo se señala que los valores normales establecidos por la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), para este producto, no se presentaron hasta después de 15 días. Una vez obtenidos estos valores normales, PEMEX consideró que el impacto había concluido. Nuevamente se habla de una gran mortandad de peces y de la paralización de las actividades pesqueras.

Debido a la magnitud del derrame y al poco tiempo transcurrido desde el accidente de crudo (escasos siete meses), los trastornos políticos y sociales ocasionados fueron significativos. A través de grupos de oposición se pretendía obtener la indemnización de más de 1000 pescadores de las congregaciones de Alvaro Obregón, Santa María Xadani, Santa Rosa y la octava sección sur de Juchitán. Los enfrentamientos entre las autoridades de PEMEX, que aseguraban que los daños eran efímeros, y los grupos de pescadores que decían que las pérdidas eran considerables, se prolongaron por casi tres meses. De acuerdo con el último documento al respecto (agosto 1984), todas las reclamaciones correspondientes se canalizaron a través del Gobierno del Estado y Pemex sólo se comprometió a indemnizar a los pescadores de Santa María Xadani.

Primer derrame de diesel sobre el Río Verde. Este accidente ocurrió el 27 de mayo de 1982, por una fractura del poliducto de 16" (Carta III, Anexo III). Existen pocos datos oficiales sobre este derrame, sólo se sabe que se recuperaron 391 barriles de diesel y se pagaron poco más de 12 millones de pesos por concepto de indemnización y labores de limpieza a la Unión de Pescadores Libres de la Laguna Superior.

Segundo derrame de diesel sobre el Río Verde. Se encontraron muy pocos datos al respecto. Fue muy pequeño y sucedió en julio de 1983.

Tercer derrame de diesel sobre el Río Verde. Este accidente ocurrió el 2 de diciembre de 1984, en el poliducto de 16", a la misma altura de los dos derrames anteriores (Carta III, Anexo III). Al igual que en el primer derrame, el producto vertido derivó cerca de 20 Km por los drenes de riego del DR-19, hasta desembocar al Río Verde y, finalmente a la Laguna. Según los informes consultados, la cantidad aproximada del diesel vertido fue de 36,000 barriles; se recuperó cerca de un 30%. Se reportó una gran mortandad de peces y crustáceos.

Contaminantes generados por los Asentamientos Humanos

Población. A partir de los resultados preliminares del censo de 1990 (INEGI, 1990), puede considerarse que existe dentro de la cuenca una población de aproximadamente 164,212 habitantes. Esta cifra extrapolada sobre la superficie de toda la Unidad, da una densidad de 44 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta población (Fig. 14) se agrupa en poco más de 510 localidades, de las cuales 500 tienen menos de 2500 Habitantes.

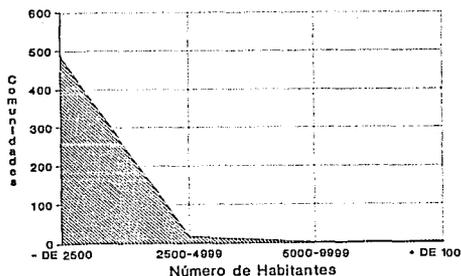


Figura 14. Localidades de la cuenca de drenaje de la Laguna Superior agrupadas en intervalos de acuerdo al número de habitantes (a partir de datos del INEGI, 1990)

Como puede observarse en la Figura 15, el crecimiento poblacional de la cuenca, ha sido más intenso en los últimos diez años. La tasa de crecimiento calculada para 1990, con respecto a la población censada en 1980, fue de 6%. Dicha tasa contrasta significativamente con el 2.7% y 3.5% de 1980 y 1970. Este incremento en la población no ha sido homogéneo en todos los municipios de la Cuenca (Fig. 16). Algunos de ellos, como el de Ixtaltepec presentan valores negativos (-1%), en tanto que otros, como Juchitán, tienen índices del 6%.

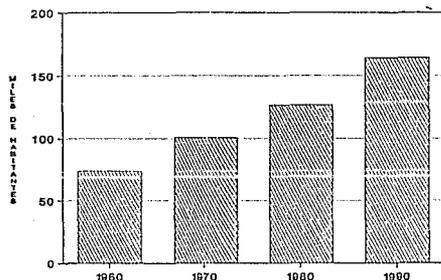


Figura 15. Crecimiento poblacional en la cuenca de drenaje de la Laguna Superior, Oax a partir de datos de la DGE-SIC, 1960 y 1970; CNEP, 1980; INEGI, 1990.

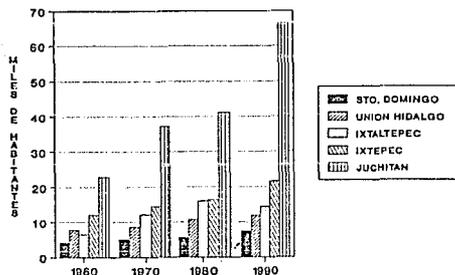


Figura 16. Crecimiento poblacional en los municipios ubicados dentro de la cuenca de drenaje de la Laguna Superior, Oax, a partir de datos de la DGE-SIC, 1960 y 1970; CNEP, 1980; INEGI, 1990.

Las ciudades más pobladas de toda la Cuenca son: Unión Hidalgo e Ixtaltepec (poco más de 10,000 Hab.); Ciudad Ixtepec (alrededor de 20,000 Hab.); y Juchitán de Zaragoza (alrededor de 60,000 Hab.). Las últimas tres ciudades se localizan dentro de la subcuenca Los Perros, por lo cual esta unidad posee el 70% de la población total de la Cuenca (Fig. 17).

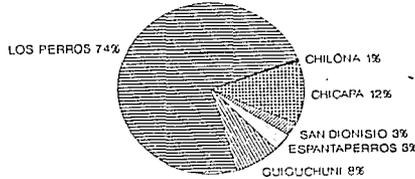


Figura 17. Distribución de la población en las Unidades Ambientales de este estudio a partir de datos del INEGI, 1990.

Industria. En términos generales en la Cuenca existe poca actividad industrial. Dentro de éstas pueden mencionarse a los ingenios azucareros José López Portillo y Santo Domingo, así como algunas embotelladoras de refrescos.

Los ingenios azucareros concentran sus actividades entre 70 y 100 días al año (noviembre-enero). Estas industrias demandan alrededor de $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ de agua, por cada 100 toneladas de caña procesada. Esta agua, a la cual se le suma alrededor del 60% del volumen de la caña, es desalojada de los ingenios sin ningún tratamiento. En el caso del Ingenio José López Portillo el agua de desecho es canalizada hasta las inmediaciones de la ribera noroeste de la Laguna Superior, en el lugar conocido como Boca Regalado (Carta III, Anexo III). En tanto que el Ingenio Santo Domingo, usa sus aguas de desecho para riego, antes de verterlas sobre el Río Chicapa (Carta IV, Anexo III).

De acuerdo con la información de los pescadores, las descargas del Ingenio José López Portillo han provocado en algunas ocasiones la mortandad de peces. Esto ha sucedido principalmente en época de lluvias, ya que el dren no desemboca directamente en la Laguna, pero con las lluvias sí llega a darse esta comunicación. Por lo que respecta a las embotelladoras, éstas se encuentran en la ciudad de Juchitán y vierten sus desechos sobre el Río Los Perros, sin ningún tratamiento.

El análisis anterior de las diferentes actividades humanas que se realizan en la cuenca de drenaje de la Laguna Superior, indica que cada una de las "Unidades Ambientales" tiene diferentes fuentes de contaminación. Para la cuenca *Guiguchuni-DR-19* las principales fuentes son los derrames de hidrocarburos y derivados que han ocurrido en ella. Otro factor importante para esta unidad es la actividad agrícola, sobre todo lo que se refiere a maíz de riego. En el caso de la Unidad *Los Perros*, la principal fuente de contaminación son los asentamientos urbanos localizados cerca de su desembocadura con la Laguna. Por lo que respecta a la Unidad *Chilóna-DR-19*, al igual que la de *Guiguchuni-DR-19*, presenta fuentes importantes de hidrocarburos y de plaguicidas; estos últimos se deben principalmente al cultivo de la caña de azúcar. En la Unidad *Chicapa* la fuente más importante de contaminación es el cultivo de la caña de azúcar, sólo que en menor proporción que la cuenca *Chilóna-DR-19*. Finalmente, puede considerarse que las Unidades *Espantaperros* y *San Dionisio*, no tienen fuentes de contaminación importantes.

Como se observa en la descripción de estas fuentes de contaminación, los tipos de contaminantes que se generan en el área de influencia de la Laguna son diversos. Dentro de éstos se puede mencionar a los múltiples plaguicidas utilizados en los cultivos de maíz y caña de azúcar, a los hidrocarburos del petróleo provenientes de derrames accidentales, a los desagües de los ingenios azucareros y a los múltiples residuos urbanos provenientes del drenaje de aguas negras y de los desechos sólidos.

Datos Preliminares sobre los Niveles de Concentración de Algunos Contaminantes

De acuerdo con las técnicas ya referidas en la sección de Metodología, se determinaron las concentraciones de plaguicidas organoclorados, hidrocarburos del petróleo, plomo y cadmio. Estos análisis fueron realizados en sedimentos y en los organismos más importantes de la región (de acuerdo con las entrevistas efectuadas a los pescadores). Las especies seleccionadas y el sustrato en los que se realizaron las determinaciones se enlistan en la Tabla 3. Para el caso de metales, los análisis sólo se efectuaron en camarón blanco.

Tabla 3. Especies y sustratos en los que se determinaron los niveles de concentración de los contaminantes

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PARTE ANALIZADA
<i>Penaeus vannamei</i>	Camarón Blanco	Músculo
<i>Cynoscion squamipinnis</i>	Curvina	Hígado
<i>Galeichthys</i> sp	Bagre	Visceras
<i>Ophioscion scierus</i>	Roncador	Visceras
<i>Mugil cephalus</i>	Lisa	Gónadas

Plaguicidas organoclorados. Ninguna de las muestras de sedimentos, de los tres muestreos realizados (un total de 21), presentó niveles de concentración apreciables de plaguicidas organoclorados. No obstante, en el análisis cromatográfico respectivo se detectaron ciertas sustancias con propiedades similares de polaridad. Por ejemplo, las muestras de la estación 3 (Fig. 18), que corresponden a la desembocadura del Río Los Perros, presentaron picos con tiempos de retención superiores al DDT. Asimismo, en los cromatogramas de las muestras procedentes de la desembocadura de los ríos Los Perros, Verde y Chicapa, para la época posterior a las lluvias (Fig. 19), se presentó un compuesto con un tiempo de retención intermedio a los estándares de heptacloro y dieldrín más DDE, en columna SP 2250 (1.5%)-SP 2401 (1.95%). Cabe señalar que las concentraciones de esta sustancia eran tan altas para el Río Verde que, se requirió hacer diluciones de 1 ml de muestra en 200 ml de disolvente.

Para el caso de los organismos analizados, estas sustancias sólo se detectaron en camarón blanco. Para el caso del peneido, el análisis cualitativo, efectuado en dos columnas con diferente empaque (OV-17 al 15% + SP-24 al 1.95%), tuvo como resultado la identificación de los compuestos alfa-HCH y p,p'-DDE, con concentraciones de 0.031 ug/g y 0.080 ug/g, respectivamente (Fig. 20).

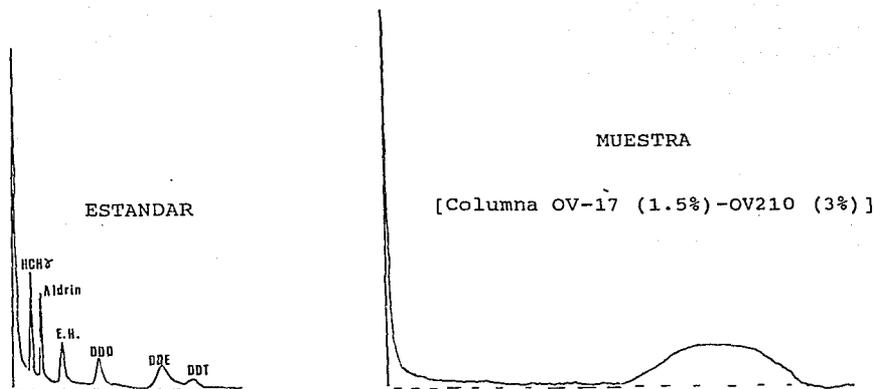


Figura 18. Cromatograma de las muestras de sedimentos colectadas en la desembocadura del Río Los Perros, comparado con el estándar de gama-HCH, aldrín, epóxido de heptacloro, *p,p'*-DDE, *p,p'*-DDD y *p,p'*-DDT

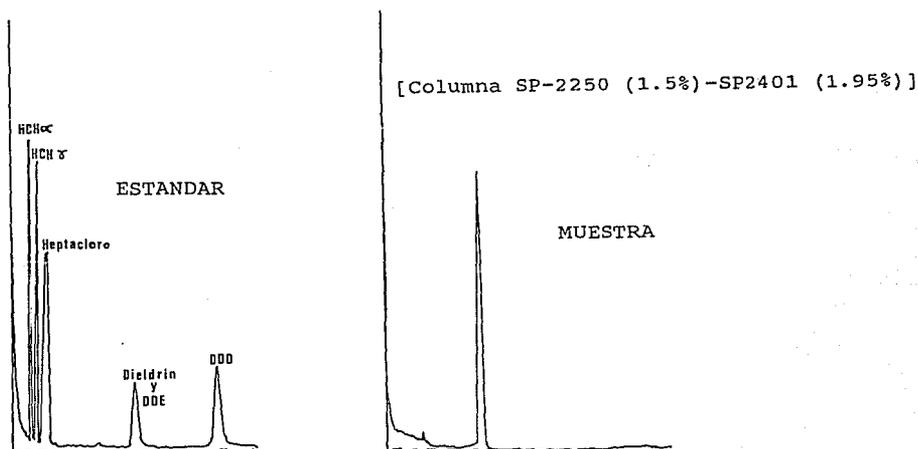


Figura 19. Cromatograma de las muestras de sedimentos colectadas en la desembocadura del Río Verde, comparado con el estándar de alfa-HCH, gama-HCH, heptacloro, dieldrín, *p,p'*-DDE y *p,p'*-DDD

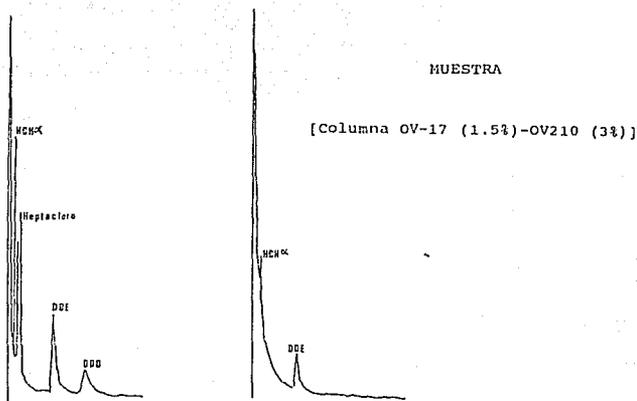


Figura 20. Cromatograma de las muestras de *Penaeus vanamei*, comparado con el estándar de alfa-HCH, gama-HCH, heptacloro, p,p'-DDE y p,p'-DDD

Hidrocarburos del Petróleo. Estos compuestos sólo se detectaron en las muestras A y C, que corresponden a los sedimentos tomados dos km aguas arriba de las desembocaduras del estero Xubaxiña y del Río Verde (Fig. 21). Las concentraciones del estero fueron muy bajas, sólo se presentó una pequeña mezcla compleja sin resolver de 2.5 ug/g, en tanto que para el Río Verde se obtuvieron 1.5 ug/g de hidrocarburos totales, con 6.2 ug/g de mezcla compleja sin resolver. Como puede observarse en ambos cromatogramas, los hidrocarburos se encuentran en muy baja proporción y, para el caso del cromatograma C, predomina el isoprenoide fitano. No se encontraron hidrocarburos de origen antropogénico en ninguna de las muestras de organismos analizadas.

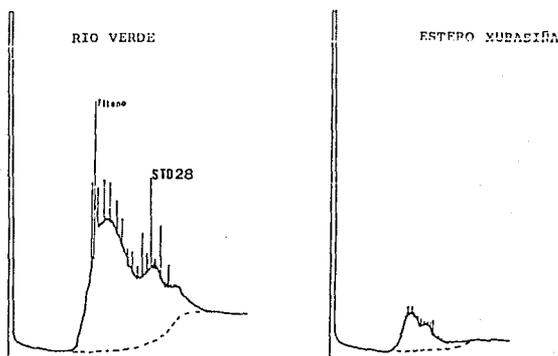


Figura 21. Cromatogramas de las muestras de sedimentos de la desembocadura del Río Verde y del Estero Xubaxiña

Metales Pesados. Los valores detectables para plomo y cadmio, en sedimentos, se localizaron en el área de influencia del Estero Cantera y del Río Verde, en la época anterior a las lluvias (Tabla 4). Para el caso de los organismos, el plomo no fue detectado en ninguna de las muestras de camarón, en tanto que el cadmio se encontró valores promedios de 0.04 ug/g.

TABLA 4. Concentración de metales totales en sedimentos (ug/g, peso seco) de la Laguna Superior, en dos períodos al año

PERÍODO	EST.	Cadmio Total	Plomo Total
ANTES DE LAS LLUVIAS	1	1.62	8.54
	2	1.45	1.81
	3	N.D.	N.D.
	4	N.D.	N.D.
	5	0.10	N.D.
	6	2.10	2.85
	7	2.10	N.D.
	8	N.D.	N.D.
DESPUÉS DE LAS LLUVIAS	1	N.D.	N.D.
	2	N.D.	N.D.
	3	N.D.	N.D.
	4	N.D.	N.D.
	5	N.D.	N.D.
	6	N.D.	N.D.
	7	N.D.	N.D.
	8	N.D.	N.D.

N.D.= No detectable

Los valores de concentración reportados en esta sección, tanto para plaguicidas e hidrocarburos del petróleo, como para los metales plomo y cadmio, son de carácter preliminar. Asimismo los valores de estos parámetros no deben considerarse como un reflejo de todos los compuestos tóxicos señalados en la descripción de las fuentes de contaminación. En este sentido, en las técnicas referidas en el Anexo II se señalan los límites de detección de los métodos así como los estándares utilizados.

Los Problemas de Contaminación en el Entorno Social de la Pesca Ribereña

De acuerdo con las técnicas ya referidas en la sección de Metodología, se escogieron las comunidades de Alvaro Obregón y Santa María Xadani, así como el campamento pesquero de Playa Vicente y el Barrio La Séptima de la ciudad de Juchitán, para el estudio de los diferentes aspectos de la actividad pesquera (Fig 22). Las principales características de estas comunidades se describen a continuación.

Alvaro Obregón. Esta comunidad se localiza muy cerca de los márgenes de la Laguna Superior y cuenta con poco más de 3500 habitantes. De acuerdo con los informantes de mayor edad, el poblado fue fundado alrededor del año de 1930, en los terrenos de las haciendas de Paso Lagarto y Hacienda Grande. Actualmente las principales actividades de la población son la agricultura de temporal y la pesca. De acuerdo con SAHOP (1981), los servicios comunitarios que hay son: abastecimiento de agua de pozo con almacenamiento en tanque elevado y distribución por tubería; drenaje con fosa séptica y fosa; una clínica y un cementerio; dos escuelas primarias completas (una bilingüe) y corriente eléctrica por línea. Está comunicada con la ciudad de Tehuantepec y Juchitán a través de caminos de terracería de aproximadamente 10 Km y 11 Km, respectivamente; el último de estos dos se conecta con la carretera Panamericana a 5 Km de Juchitán. El servicio de transporte es por camionetas de alquiler, las cuales provienen de Tehuantepec.

Santa María Xadani. Esta comunidad, cabecera del municipio del mismo nombre, se ubica a 3 Km de distancia de la Laguna Superior, muy cerca del margen occidental del Río Los Perros. Tiene una población de aproximadamente 4000 habitantes, la cual se dedica principalmente a la agricultura de temporal y de riego, así como a la pesca ribereña. Los servicios que hay, según SAHOP (1981) son: abastecimiento de agua por aljibe (la distribución por tubería no opera); drenaje por fosa séptica y por fosa; una clínica y un cementerio; una escuela primaria completa y corriente eléctrica por línea. Se comunica con la ciudad de Juchitán a través de carretera asfaltada de 10 km. La transportación es en taxis colectivos y en camionetas de alquiler.

Playa Vicente. Esta comunidad se localiza sobre el margen occidental de la Laguna Superior. Opera básicamente como un pequeño campamento semipermanente de pescadores, con una población aproximada de 200 habitantes. De acuerdo con el censo realizado en el presente estudio, cerca del 40% de los residentes de este poblado son originarios del Barrio La Séptima de Juchitán; el resto provienen de pueblos costeros del estado de Chiapas. La única actividad de esta comunidad es la pesca. Playa Vicente tiene comunicación con la ciudad de Juchitán a través de un camino de terracería de 10 km. Presenta servicio urbano de transporte y camionetas de alquiler. El abastecimiento de agua es por pozo y carece de energía eléctrica.

Barrio La Séptima de Juchitán. De acuerdo con Rueda y Rueda (1988), el origen de Juchitán es un asentamiento zapoteca anterior a la Conquista. El mismo autor menciona que la ciudad se encuentra dividida en nueve secciones o barrios. El Barrio La Séptima es considerado como la sección de los pescadores y fabricantes de hamacas. La ciudad de Juchitán cuenta actualmente con poco más de 75,000 habitantes y es el eje comercial de la región. Juchitán es la cabecera del municipio del mismo nombre y cuenta, entre otros servicios, con: abastecimiento de agua en tanque elevado y distribución por tubería; drenaje por emisor y fosa séptica; tres hospitales y tres clínicas; dos cementerios; quince primarias completas; cinco escuelas secundarias y dos de enseñanza técnica; corriente eléctrica por línea; una oficina de correos, una de telégrafos y una de teléfonos; radiocomunicación y radiodifusora (SAHOP, 1981).

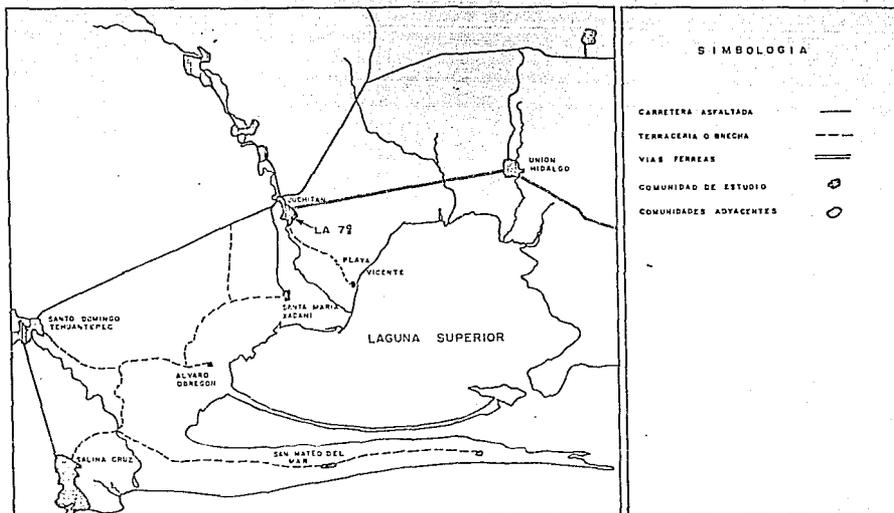


Figura 22. Comunidades de estudio

Con la finalidad de tener una visión integral de las implicaciones sociales de los problemas de contaminación, antes de señalar los impactos ocasionados sobre la pesca ribereña de la región, se especifican las particularidades más sobresalientes de los grupos pesqueros.

Caracterización Actual de los Grupos Pesqueros

Las actividades pesqueras de la región actualmente son efectuadas a través de tres grupos principales que presentan características comunes para todas las comunidades estudiadas.

Estos grupos se distinguen entre ellos mismos bajo los nombres de *Lancheros*, *Cayuqueros* y *Tarrayeros*. De acuerdo con las entrevistas efectuadas entre los pescadores más viejos, siempre han existido tarrayeros y cayuqueros, mientras que los lancheros son de creación reciente. Otros tipos de pescadores identificados son los *rastreros* y los "Chinchorreros de balsa y a pie", los cuales son una derivación de los tres grupos anteriores. A continuación se describe cada uno de estos grupos señalando sus características más relevantes.

Tarrayeros. El uso de la atarraya como arte de pesca es uno de los más viejos en la región y, actualmente, uno de los más difundidos. El uso generalizado de este arte de pesca complica un poco la delimitación del grupo en sí, ya que existen pescadores de atarraya dedicados parcialmente a esta actividad, como en el caso de campesinos, obreros y miembros de otros sectores productivos de la región. De igual forma hay pescadores que por el tipo de tecnologías se consideran dentro de otros grupos, como en el caso de los cayuqueros y lancheros, pero que frecuentemente recurren a este arte de pesca.

Para los propósitos del estudio el *tarrayero* "tipo", se caracteriza por depender fuertemente de los ingresos que le proporciona la pesca y sólo se dedica a otra actividad cuando no obtiene los suficientes recursos de ella. Como arte de pesca, utiliza la atarraya convencional que tiene una amplia distribución en el territorio nacional. Suele acompañar a la atarraya un canasto de mimbre, motivo por el cual también el *tarrayero* es conocido con el nombre de "canastero". La especie a cuya captura se dedican es, básicamente, el camarón (*Penaeus* spp). Otra especie de menor importancia es el "lepe" o liseta (*Mugil curema*), la cual fue seleccionada para estudio. El número estimado de este tipo de pescador en las comunidades estudiadas es de 2000.

En términos generales, el *tarrayero* trabaja solo, aunque ésto no debe confundirse con una falta de organización. Un ejemplo de como están estructurados se ubica en los barrios "La Séptima" y "Che gigo" en Juchitán, donde los *tarrayeros* todavía se dividen en ocho sociedades bajo la coordinación de una figura social llamada Guuze Gola (Vocablo zapoteca formado por: Guuze=pesca y Gola=persona de muchos años y experiencia). Existe un Guuze Gola para las cuatro sociedades de cada barrio. Actualmente esta figura tiende a disminuir su presencia en las decisiones importantes de los pescadores y a restringirse a la preparación de las festividades del santo patrono. Anteriormente se encargaba de organizar los encierros o tapos para la captura del camarón, actividad que actualmente sólo se practica en algunos grupos aislados. Sólo en el poblado de Santa María Xadani se encontró este tipo de organización para efectuar los encierros durante la época de lluvias, en donde únicamente permiten pescar con atarraya.

La época de mayor actividad de los *tarrayeros* es la de lluvias, cuando abunda el camarón. La mayoría de los *tarrayeros* sale a pescar al atardecer y regresa en la madrugada. Los lugares donde pescan con más frecuencia es en la desembocadura de los ríos y esteros de la Laguna Superior. El medio de transporte hacia la Laguna puede ser "a pie", en bicicleta o a caballo. Las distancias que tienen que caminar en ocasiones son muy largas y pueden tardar hasta dos o tres horas hasta llegar al lugar indicado. Trabajan preferentemente cerca de sus comunidades, en la Laguna Superior; sólo cuando la pesca es mala en la Laguna se van a pescar a Ixhuatán, Cerritos y Chauties, en la Laguna Inferior, para lo cual se transportan en camionetas de alquiler o en tren.

El pescador siempre está pendiente de los lugares donde se ha reportado buena pesca y, una vez localizada "la mancha", trabaja durante varios días y noches, pues sabe que pueden pasar varias semanas sin que vuelva a haber producto. Cuando la pesca es "muy mala" sacan de 8 a 10 kilos de camarón por semana. En la época del año en que escasea el camarón, se dedican a hacer hamacas o a buscar trabajo de jornaleros o de peones.

De acuerdo con los informantes clave se considera un "buen" día de pesca si por lo menos se obtienen unos 10 kilos de camarón. Si logran "agarrar una buena mancha" levantan hasta 20 o 30 kilos de producto en una o dos horas. Cuando ésto sucede, se trabaja toda la noche, se llena el canasto y se regresa; algunos informantes afirman haber recogido hasta 200 kilos de camarón en una noche.

Quien comercializa el producto es casi siempre la mujer del pescador. Asimismo, es ella la que se encarga de preservar el producto cuando es necesario; para ello, el camarón se hierve con sal en una especie de salmuera. El producto se vende en el mercado, fresco o seco-salado, a un precio aproximado, para 1989, de 15,000 pesos el kilo. Cuando pescan en la Laguna Inferior se ven obligados a vender su producto a las cooperativas del lugar, normalmente a menor precio ya que éstas tienen reservada la explotación del camarón. Ante esta situación, es frecuente que regresen "de contrabando" el producto de su pesca hacia sus comunidades. Un pescador invierte en una atarraya, con una vida media de tres a cuatro años, aproximadamente medio millón de pesos.

Cayuqueros. Este grupo se caracteriza por el uso de embarcaciones de madera de "guanacastle" (*Enterolobium cyclocarpum*) de aproximadamente 5 m de largo. Los cayucos son movidos a través de palancas y, en ocasiones, con velas hechas de varas de bambú y costales de plástico. El número estimado de este tipo de pescadores en las comunidades estudiadas es de 90.

El arte de pesca que utiliza este grupo es el chinchorro con luz de malla de 2 y 3 pulgadas, 3-4 m de ancho y 300 m de largo. Las especies más importantes para ellos son la lisa (*Mugil cephalus*), el lepe (*Mugil curema*), el mapache (*Orthopristis sp.*), el roncador (*Ophioscion scierus*) y la curvina (*Cynoscion squamipinnis*), aunque esta última cae muy poco en sus redes, tanto por la abertura de malla que utilizan como por lo somero de los lugares en donde pescan. Las últimas dos fueron escogidas para el estudio de contaminantes. Aunque pescan más las especies de escama, durante la época de lluvias también capturan camarón, el cual llega a quedar atrapado en sus redes y, obviamente, representa un producto muy apreciado. Durante esa época, algunos pescadores dejan esporádicamente la actividad del cayuco por la atarraya para obtener de esta manera más ganancias.

Para la pesca, los cayuqueros trabajan generalmente en grupos de cuatro individuos. Uno de ellos es el dueño del cayuco y no sale a pescar, los otros tres se organizan dentro de la embarcación para "palanquear" y operar la red. Al llegar a la playa el pescado es separado por tamaños y dividido en partes iguales, incluyendo al dueño del cayuco. Normalmente hay un solo dueño del cayuco, aunque también es común que lo compartan en sociedad dos personas.

Los cayuqueros no son pescadores de tiempo completo; no obstante, casi todos los días del año a excepción de los domingos, dedican unas cuantas horas a esta actividad. La temporada más importante para este grupo va de octubre a marzo ya que en esta época el pescado tiene mayor tamaño y peso. Sin embargo, los "nortes" característicos en estos meses limitan mucho su actividad. Por tal motivo, durante este período del año colocan su chinchorro alrededor de las cinco de la tarde y lo levantan entre cuatro y seis de la mañana, que son las horas en las que normalmente el viento es menos fuerte. Por el contrario, durante los meses de abril a septiembre no tienen tantas restricciones para navegar, pero las especies que prefieren escasean. En esta época, no dejan el chinchorro hasta el día siguiente debido a que la temperatura del agua es más alta y el pescado que se captura temprano, al otro día amanece descompuesto. En este caso, salen a pescar en dos embarcaciones para efectuar un cerco con los dos chinchorros de cada cayuco y jalar el producto que queda atrapado; cada embarcación se queda con lo que recuperó con su red.

Las áreas donde pescan están muy restringidas ya que los cayucos no pueden navegar sobre fondos lodosos, ni recorrer en ellos grandes distancias. Esto último es especialmente cierto cuando hay viento fuerte. En términos generales, la mayor concentración de cayucos de toda la región está en las comunidades de Alvaro Obregón y Xadani. Por tal motivo, las áreas más comunes de pesca de este grupo son las inmediaciones de los esteros Cantera y Xubaxiña (Carta I, Anexo III).

Cuando la pesca no es muy abundante (menos de 10 kilos al día), los cayuqueros destinan su producto para autoconsumo (en el desayuno) o para la venta dentro de su comunidad. Si el producto capturado sobrepasa los 10 o 15 kilos, es llevado a vender a Tehuantepec o Juchitán, según la disponibilidad de transporte. En cualquiera de los dos casos, es la mujer del pescador la encargada de vender el producto. Cuando éste es comercializado fuera de la comunidad, normalmente la mujer aprovecha el viaje para comprar artículos en el mercado con el dinero de la venta. Dado que el transporte a la ciudad no siempre está garantizado, en ocasiones salan o ahuman el pescado para que no se descomponga aunque, según los informantes, esta presentación no se vende tan bien como el pescado fresco, e implica más trabajo.

Uno de los problemas que frecuentemente enfrenta el cayuquero es la forma de conservar el producto. En ocasiones mandan a traer el hielo a Tehuantepec, pero puede suceder que la pesca sea mala ó que no puedan pescar por el mal tiempo y pierdan el dinero invertido.

En ciertas comunidades hay mujeres que se dedican a comprar el producto a los pescadores. Estas mujeres reciben el nombre de "regatonas" y son las que posteriormente comercializan el producto en Tehuantepec o Juchitán. El roncador, la curvina y la lisa se venden por medida: los ejemplares de mayor tamaño 30-40 cm de largo, se venden entre 2000 y 2500 pesos (para 1989), la docena de lisa grande cuesta 35,000 pesos. Los peces medianos fluctúan alrededor de 1000 pesos cada uno.

En cuanto a la inversión por parte del pescador, el precio de un cayuco fluctúa entre 4 y 5 millones de pesos (en 1989) y es comprado en las localidades de Paredón, la Gloria y Rincón Juárez, en el estado de Chiapas. Cada pescador tiene su chinchorro y éste alcanza un valor estimado de 2 a 2.5 millones de pesos cada uno.

Una característica distintiva de este grupo es la de coordinar la actividad pesquera con otras actividades productivas. La principales actividades colaterales son la agricultura de temporal, el trabajo de jornalero y el de salinero. Cuando el trabajo en sus comunidades escasea, normalmente se emplean como obreros, ya sea en la refinería de Salina Cruz, o en Huatulco. Sin embargo, todos coinciden que este tipo de trabajo no les gusta pues no están acostumbrados. Además, como se van solos, tienen que gastar en hospedaje y comida y eso les quita hasta un 70% del salario. Como la mayoría no sabe leer ni escribir y algunos hablan el español como segunda lengua, frecuentemente son explotados por los sindicatos o, por las compañías.

Lancheros. A este grupo pertenecen todos los pescadores que realizan su trabajo con embarcaciones de fibra de vidrio de 7 m de eslora y motor fuera de borda de 20 a 30 caballos de fuerza. El arte de pesca más usado es el chinchorro de nylon, con aberturas de malla de 2, 3, 3 $\frac{3}{4}$, 4, 5, 6 y 7 pulgadas; ancho de 3 a 6 m; y largo de 600 a 800 m. De acuerdo con el censo realizado en la zona, el número aproximado de pescadores dedicados a esta actividad en las comunidades estudiadas es de 150.

Las especies que señalaron como de mayor importancia para ellos son la curvina blanca y escamuda (*Cynoscion squamipinnis*), la lisa o *millii* (*Mugil cephalus*), el robalo -que también le llaman "pargo" cuando es de gran tamaño o "cotorrita" cuando es juvenil- (*Centropomus* spp), el roncador o *llolo* (*Ophioscion scierus*), el jurel (*Caranx* spp) y el frijolito. A estas especies se les conoce como "pescado de clase" por el buen tamaño y peso que pueden alcanzar y, consecuentemente, su alto valor comercial.

El lanchero siempre pesca especies de escama aunque, en ocasiones, en sus redes se llega a capturar algo de camarón. Un caso excepcional de alteración en este patrón fue el tiempo en que se cerró la bocanara de San Francisco (1987-88). En ese entonces ocurrieron fuertes cambios hidrológicos y hubo escasez de pescado. Por tal motivo, compraron redes de menor abertura (1 pulgada) y empezaron a explotar el camarón que quedó encerrado en la Laguna. Sin embargo, esta práctica no llegó a generalizarse, puesto que la explotación del peneco es exclusiva de cooperativas y las artes de captura les fueron confiscadas por SEPESCA.

Los lancheros se dedican de tiempo completo a su actividad y tienen una mayor organización desde el punto de vista "oficial"; sin embargo, no llegan a constituir verdaderas cooperativas y sólo se agrupan en sociedades de permisionarios. La tripulación de una embarcación va de tres a cuatro hombres; es común que un solo permisionario sea el dueño de varias embarcaciones y del equipo, por lo que muchos de los pescadores prestan sus servicios como trabajadores a estos permisionarios.

La mayoría de los lancharos coincidió en que, aunque ciertas especies, como la lisa, la curvina y el roncador, se pescan todo el año, los meses más importantes para la pesca van de octubre a marzo; los meses de abril a agosto se consideran malos para esta actividad "no es temporada de cosecha". Durante estos meses no dejan de pescar, sólo que el pescado "está muy flaco" y no se puede vender fácilmente.

Pescan de lunes a sábado y, al igual que los cayuqueros, difieren en la forma de pescar a lo largo del año. En época de nortes (octubre-marzo), algunos pescadores tienden el chinchorro por la tarde, entre cinco y seis, para revisarlo entre ocho y diez de la noche, y lo vuelven a tirar para recogerlo a las siete de la mañana. También durante estos meses suelen pescar con "gallo" o "gallero" que es una red de cinco pulgadas de malla; con esta red sacan roncador de 2 a 3 kilos y curvina hasta de 6 o 7 kilos. Este arte de pesca lo dejan en un punto fijo de la laguna y lo revisan entre cuatro y seis de la tarde y entre cuatro y siete de la mañana. En ocasiones, cuando hay norte y el agua se enturbia, también pescan de día. Para ello utilizan dos lanchas y efectúan un cerco con los dos chinchorros de cada embarcación y levantan el producto. Esto lo hacen de las cuatro a las diez de la mañana, que es cuando salen a ver el "gallero".

Durante el resto del año (abril-septiembre), las altas temperaturas del agua les impiden dejar las redes durante la noche. Por tal motivo salen por parejas a efectuar cercos con sus redes. Esta labor la realizan entre las cinco de la tarde y las dos de la mañana, utilizando para ello los chinchorros con abertura de malla de 2, 3 y 3 3/4 de pulgada.

Toda la actividad pesquera la realizan preferentemente en la Laguna Superior, hasta profundidades de 7 m. Los lugares más frecuentes para pescar son "Cerro Cristo" "Cerro Prieto" "Tileme" "Tajarizo", "Cabildo" y "Loma Grande". La ubicación de estos lugares para una buena pesca se elige con base en el ensayo y error. Una vez que un grupo de pescadores detecta un buen lugar de pesca, se corre la voz entre el resto y se concurre a esos lugares hasta que se localiza otro. Cuando la pesca es mala en la Laguna Superior, se van a pescar a la Laguna Inferior; para ello hacen dos o tres viajes de dos días a la semana. En ocasiones se van por uno o dos meses hasta Paredón, Chiapas, dentro del complejo lagunar Huave.

Todos los lancharos expresaron tener la ventaja de poseer autonomía en sus embarcaciones, con lo cual pueden trabajar todo el año y buscar mejores lugares de pesca. Sin embargo, prefieren pescar cerca de sus localidades para no estar lejos de la familia y además reducir los costos de combustible; por ejemplo, cuando van a pescar a Guamúchil (a dos horas en lancha) tienen que llevar cuatro barras de hielo y 100 litros de gasolina, casi el triple de los insumos que utilizan normalmente.

Los volúmenes de captura fluctúan mucho, tanto entre los diferentes meses como entre los diferentes años. En épocas malas obtienen alrededor de 40 kilos de pescado en una jornada diaria, en tanto que en ocasiones los volúmenes pueden ser de hasta 300 y 400 kilos. La comercialización del producto la efectúan en la playa, a través de los intermediarios o las "regatonas", o bien, lo llevan directamente con los grandes compradores en el mercado de Juchitán. Cuando se van a pescar por más de tres días fuera de la Laguna, comercializan su producto en los puertos de desembarco de la Laguna Inferior, aunque que allí se paga a un precio más bajo. Las inversiones en el equipo de pesca eran, para 1989, de poco más de 15 millones de pesos por embarcación. Algunos permisionarios también son dueños de camionetas, con las cuales surten de hielo y gasolina a los demás lancharos y transportan el producto de la pesca. El mayor número de lancharos de la región se encuentra ubicado en la localidad de Playa Vicente.

Rastreros y Chinchorreros "de balsa y a pie". Como se mencionó al inicio de esta Sección, estos pescadores son una derivación de los grupos anteriormente descritos. En términos generales están muy poco representados; de acuerdo con las estimaciones en campo, el número de estos pescadores en las comunidades estudiadas no supera a los 50 individuos. Estos grupos, al igual que los *cayuqueros*, alternan la pesca con otras actividades productivas como la agricultura, la extracción de sal, entre otras.

Los *Rastreros* anteriormente eran *tarrayeros*, sólo que a partir de sus atarrayas fabricaron una especie de chinchorro de unos 20 m o 30 m de largo, con abertura inclusive menor a una pulgada. Estos pescadores trabajan en parejas, caminan cargando el chinchorro enrollado en dos partes y sostenido por dos palos, hasta donde el agua les da a la cintura. Posteriormente extienden el chinchorro y lo arrastran unos 500 u 800 m hacia la orilla. La principal especie que buscan capturar es el camarón (*Penaeus spp*).

Los *rastreros* son criticados por los lancheros ya que con este arte de pesca sacan muchos juveniles de las especies que ellos pescan y los dejan tirados en la playa, pues sólo se llevan el camarón. La actividad de estos grupos se observó únicamente en la localidad de Alvaro Obregón. Debido a que es un grupo muy hostigado, tanto por otros pescadores como por las autoridades, no pudo establecerse un mayor contacto y conocer más acerca de su organización.

Por lo que respecta a los chinchorreros, éstos utilizan el chinchorro con características similares a los usados por los *cayuqueros*, con la diferencia de que no utilizan cayucos. Efectúan la tendida de red en la orilla de la Laguna, caminando o sobre una balsa de troncos hasta una profundidad aproximada de 1.5 m. Para ello extienden el chinchorro perpendicularmente a la línea de costa y fijan los extremos con dos estacas. Las especies que pescan son las mismas que las de los *cayuqueros*. La mayor actividad de estos grupos se efectúa en las comunidades de Alvaro Obregón y Santa María Xadani.

Como pudo observarse en la anterior caracterización existen diferentes tipos de dependencia entre los grupos de pesca ribereña de la Laguna Superior: a) la dependencia total, representada por los *lancheros*, los cuales tienen a la pesca como única actividad económica y la realizan a lo largo de todo el año; b) la dependencia parcial, caracterizada por los *tarrayeros*, *cayuqueros*, *rastreros* y *chinchorreros*, los cuales alternan su actividad dependiendo de la época del año con otras actividades económicas y c) la dependencia esporádica, la cual está representada por campesinos, obreros, entre otros, los cuales se dedican a la pesca en su tiempo libre (Figura 23).

Visión del Pasado y Organización Actual

En cuanto a la visión del pasado que tienen los pescadores sobre su actividad, todos los informantes coincidieron que antes la pesca era más abundante y que con un esfuerzo mínimo lograban sacar grandes ganancias.

Los *tarrayeros* entrevistados aseguran que con los encierros o tapos que realizaban anteriormente, sacaban más ganancias que trabajando de manera aislada, como lo hacen ahora.

Específicamente en el caso de los *cayuqueros*, los cuales siempre han complementado la pesca con otras actividades productivas, mencionan que, además de la abundancia del recurso pesquero, también había suficientes tierras para cultivo, así como mucha demanda de mano de obra en el campo, por lo que entonces tenían mejores condiciones que ahora. Actualmente los hombres jóvenes tienen pocas fuentes de ingresos y con frecuencia tienen que salir fuera de sus comunidades para adquirir recursos económicos.

En el caso de los *lancheros* puede decirse que la actividad pesquera tuvo su auge en la década de los setentas, para luego declinar hacia finales de los ochentas. Esto puede observarse por los campamentos abandonados en Playa Vicente y por las versiones de los informantes que aseguran que en la época de apogeo, hasta profesionistas como maestros, ingenieros, licenciados, entre otros, invirtieron durante un tiempo en la actividad, para después abandonarla porque se volvió poco rentable. Cabe señalar que, en el censo efectuado en Playa Vicente, muchos de los *lancheros* mencionaron no ser originarios de la localidad. Emigraron hace 15 o 20 años de pueblos pesqueros de Chiapas. Asimismo, la mayoría de los *lancheros* informó que tuvieron padres o abuelos campesinos, lo que confirma la formación reciente de este grupo.

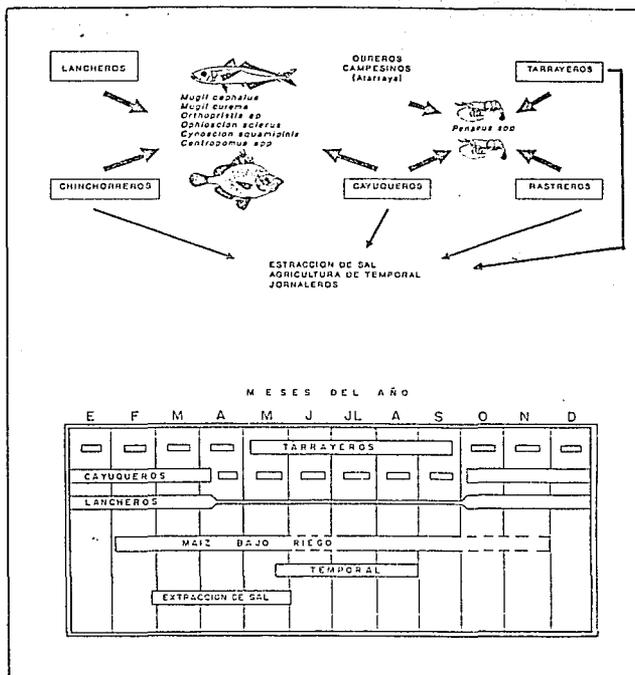


Figura 23. Tipo de dependencia y calendarización de las actividades de la pesca ri_bereña en la Laguna Superior, Oaxaca

De acuerdo con algunos informantes la disponibilidad del recurso ha presentado fuertes cambios. Algunas especies, como la sierra (*Scomberomorus sp*), anteriormente eran muy abundantes y en la actualidad prácticamente ya no se encuentran. De igual forma, especies que en un tiempo no eran explotadas, como el llamado "abulón" o "caracol chino" (*Muricanthus nigritus*) fueron fuertemente extraídas durante los años 1984 al 1987 hasta casi agotar el recurso. Finalmente, cuando ocurrió el cierre de la bocanara en 1987 y provocó cambios hidrológicos muy fuertes, la población de abulón se extinguió por completo dentro de la Laguna.

La mayoría de los informantes coincidió en señalar que, actualmente, la Laguna Superior no es suficiente para abastecer a todos los pescadores. Ante esta situación ya han surgido algunos conflictos por el recurso entre los diversos grupos, por ejemplo entre lancheros y rastros, así como intentos de marcar una territorialidad entre los lancheros de la Laguna Superior y los de la Laguna Inferior.

Una característica común de todos los grupos pesqueros es la de presentar una escasa o nula organización de tipo "oficial". En el caso de cayuqueros y lancheros, las presiones para conseguir apoyo y equipo por parte de las autoridades "oficiales" ha provocado la generación de esfuerzos individuales que redundan en el control de las embarcaciones y los artes de pesca. En el caso de los tarrayeros, la sólida organización que poseían a través del Guuze Gola ha perdido su importancia.

Según los informantes, anteriormente el Guuze Gola de los tarrayeros tenía una posición de prestigio muy importante dentro de la comunidad. Se encargaba, entre otras actividades, de organizar los tapos y encierros de camarón, en las lagunas de marea cerca de lo que hoy se conoce como Playa Vicente. Alrededor de este líder se agrupaban cerca de 1000 pescadores. Sus funciones incluían la repartición equitativa del trabajo y las ganancias, la coordinación de los grupos de vigilancia para los encierros, la designación de los grupos para la limpieza de los caminos, el establecimiento de multas y sanciones, así como la organización de las festividades religiosas. En la actualidad, a partir de que las autoridades municipales desconocieron su liderazgo (aproximadamente hace 15 años), el Guuze Gola sólo se limita a organizar el medio de transporte para los grupos de tarrayeros que tienen que ir a otras lagunas, designar los lugares de pesca y coordinar las actividades religiosas.

Entre las pocas actividades que agrupan a los pescadores en una organización común, están las actividades religiosas. Esto es especialmente cierto para la "fiesta de los pescadores" y también llamada de "Santa Cruz Palo Grande", en Alvaro Obregón. Para esta festividad es designado un mayordomo que se encarga de organizar y recibir el producto de un día de pesca de cada uno de los pescadores de la comunidad.

Respuesta ante los Problemas de Contaminación

Con base en el análisis de las fuentes de contaminación de la región se puede afirmar que en la Laguna Superior se presentan dos tipos de problemas: los crónicos y los agudos. Los problemas crónicos están representados principalmente por el aporte continuo de plaguicidas de las zonas agrícolas y por los desechos urbanos e industriales de los asentamientos humanos; en tanto que los derrames de hidrocarburos y derivados, por parte del sistema de ductos de PEMEX, representan a los problemas agudos.

Para los problemas crónicos de contaminación, no existe una respuesta consciente por parte del pescador. No obstante que la mayoría de los informantes asegura que ciertas áreas geográficas de la Laguna eran antes mejores lugares de pesca, pocos relacionaron este deterioro con problemas de contaminación. Cabe señalar que el concepto de contaminación no es muy homogéneo entre los pescadores; para algunos informantes, el aumento de densidad de ciertos organismos como las medusas o macroalgas en una época del año representa un problema de contaminación, por el hecho de interferir con sus artes de pesca.

Independientemente de que establezcan algún tipo de relación directa entre los problemas de contaminación y el descenso de la disponibilidad del recurso, la respuesta generalizada es la de buscar nuevos sitios de pesca, con el consecuente incremento en los costos, lo cual es especialmente cierto para los lancheros. Sin embargo, los grupos de cayuqueros, rastreros y chinchorreros, debido a que carecen de embarcaciones, o éstas son muy limitadas, poco pueden hacer para desplazarse hacia otras áreas y siguen pescando en donde siempre lo han hecho (Fig. 24).

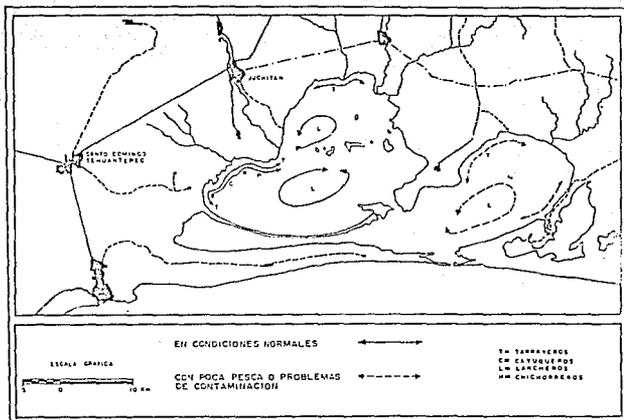


Figura 24. Principales áreas de pesca en la Laguna Superior, Oaxaca

Para el caso de los problemas de contaminación de tipo agudo, la respuesta de los pescadores, en principio, es similar a la arriba descrita, sólo que más directa. Durante los derrames ocurridos entre los años 82 y 84, los tarrayeros y lancheros optaron por desplazarse a otros sitios de pesca. Sin embargo, aunque lograban buenos volúmenes de captura, no pudieron comercializar fácilmente su producto, ya que la demanda de éste disminuyó considerablemente en los principales centros de venta de la región. Este descenso en la demanda se debió a los rumores que señalaban que el producto de la Laguna estaba "contaminado" y que no podía consumirse. De acuerdo con los informantes, el consumo en el mercado se normalizó hasta cuatro meses después de haber ocurrido el derrame.

Este tipo de variaciones en el mercado fue detectado indirectamente durante el presente estudio, al presentarse en diciembre de 1990 el fenómeno de "marea roja" en Salina Cruz, Oax. No obstante que la prohibición del consumo de alimentos se limitaba a ostiones y almejas marinas, hubo una reducción en el consumo de todos los productos pesqueros de la región, incluyendo los de la Laguna Superior.

Para el caso de los cayuqueros, rastreros y chinchorreros, cuando los derrames ocurrieron en sus áreas, optaron por abandonar completamente la pesca y dedicarse a otras labores. Debido a que las actividades colaterales que desarrollan tienen una programación y son insuficientes para todos, casi un tercio de los pescadores de cayuco optó por trabajar fuera de sus comunidades. En algunas ocasiones, PEMEX contrató a los pescadores para realizar la limpieza de los productos derramados. De acuerdo con los informantes, el regreso de estos grupos pesqueros a su actividad, después de los derrames, se dificultó por la poca demanda del producto ya referida. En casos excepcionales, el pescador no regresó a su actividad y actualmente se mantiene trabajando como obrero de la construcción, en lugares como Huatulco, Coatzacoalcos y Cancún.

Por lo que respecta a la organización generada ante los derrames ocurridos en la Laguna, de acuerdo con los entrevistados, la gente no sabía qué hacer ni a quién reclamar. Los intentos de agruparse entre sí fracasaron y, de esta manera, surgieron representantes externos a sus comunidades. Los partidos políticos la Comisión Obrera, Campesina y Estudiantil del Istmo (COCEI) y el Partido Revolucionario Institucional (PRI) se disputaron el liderazgo para agrupar a los pescadores y solicitar indemnizaciones a Petróleos Mexicanos. Los líderes tradicionales como los Guuze Gola fueron relegados de las negociaciones. Al respecto existe un consenso general de que el dinero recibido fue mal distribuido y que la mayoría quedó en manos de los representantes y sus familiares. De acuerdo con los entrevistados, un elevado porcentaje de los beneficiados no eran pescadores.

Como se ha observado a lo largo de esta sección, debido a la variabilidad y complejidad de la pesca ribereña, es difícil calcular exactamente el número de horas invertidas para cada grupo, así como el volumen de captura de los mismos lo cual sería la base para determinar el grado de dependencia económica y el valor anual del producto. Sin embargo queda claro que la pesca ribereña es importante como actividad económica para la región. Asimismo, es evidente que los problemas de contaminación están causando serios conflictos entre los pescadores aunque la contaminación no sea percibida por ellos como un problema. Las necesidades económicas de las comunidades ribereñas de la Laguna Superior son importantes y existen los conocimientos suficientes como para proponer que se fomenten las actividades pesqueras.

DISCUSION

Evaluación de las Fuentes de Contaminación

De acuerdo con los resultados de la descripción de las fuentes de contaminación, los tipos de contaminantes más importantes para la cuenca de drenaje de la Laguna Superior son: los plaguicidas originados por las actividades agrícolas; los hidrocarburos del petróleo y derivados, procedentes de derrames accidentales en los sistemas de ductos; y los diferentes tipos de contaminantes producidos por desechos urbanos.

En el caso de los plaguicidas, de acuerdo con las entrevistas realizadas a campesinos y técnicos de campo, sólo en los cultivos bajo riego se reportó que el uso de estos productos fuera significativo. Como ya se mencionó, estas áreas de riego son importantes en extensión, aunque alrededor del 50% de ellas permanece ociosas. La principal causa de esta subutilización es la insuficiencia de la Presa Benito Juárez, sobre el Río Tehuantepec, para abastecer a todo el Distrito de Riego. Esta insuficiencia es una seria limitante para el incremento de la superficie de los cultivos y, por lo tanto, para el aumento en superficie de las fuentes de contaminación por plaguicidas.

Con base en la superficie utilizada para cada cultivo, se puede considerar que los cultivos de maíz y caña de azúcar son las principales fuentes de plaguicidas. Sin embargo, existen diferencias tecnológicas entre estos cultivos, lo que determina que el cultivo de la caña de azúcar sea una fuente de mayor importancia de estos contaminantes que el maíz.

Para el cultivo de maíz existen fuertes elementos culturales que influyen para que se siga utilizando el manejo tecnológico tradicional con bajos insumos agrícolas. Entre estos elementos se destacan la tendencia hacia la producción para el autoconsumo, la negativa a depender del mercado externo para los insumos y la preferencia de los productos elaborados a partir de "semilla criolla". Las mínimas diferencias de producción que se obtienen entre esta semilla y la mejorada, junto con los bajos precios de garantía, refuerzan esta actitud. Otro factor que favorece la baja aplicación de insecticidas en el maíz es la heterogeneidad de las épocas de siembra. Estas variaciones en el cultivo provocan una baja incidencia de las plagas, ya que la mayoría atacan en una fase determinada del ciclo y no pueden generalizarse fácilmente hacia otros cultivos. Debido a que, salvo en casos excepcionales, las pérdidas son mínimas, el campesino no encuentra justificación para el uso de insecticidas. Por los motivos antes expuestos, existe una alta probabilidad de que mantenga una baja aplicación de plaguicidas para el cultivo del maíz.

Para el caso de la caña de azúcar, la aplicación de plaguicidas es mayor debido al carácter comercial de este cultivo. Sin embargo, dicha aplicación no es homogénea en los dos ingenios. En el caso del Ingenio Santo Domingo, la aplicación de plaguicidas es más intensa, pero sobre una superficie del cultivo muy pequeña. Por el contrario, el Ingenio José López Portillo posee la mayor extensión de los cultivos de caña, pero la aplicación de plaguicidas es menor.

De acuerdo con los datos recabados sobre el porcentaje de uso y las dosis utilizadas en los dos ingenios, se calcula un volumen de aplicación cercano a una tonelada de ingrediente activo de herbicidas y medio millar de litros de insecticidas foliares, por cada 1000 ha de caña; la aplicación anual para toda la cuenca de drenaje de estos contaminantes, en los ciclos de mayor auge del cultivo (80-81 y 85-86), fue de aproximadamente 10 toneladas de herbicidas y 5000 l de insecticidas. Como puede observarse en la Figura 24, la aplicación de estos plaguicidas ocurre más o menos a lo largo de todo el año, pero con una mayor incidencia de enero a marzo y de mayo a octubre. Lo anterior resulta relevante pues en esa misma época se presenta la mayor precipitación pluvial del año, lo que aumenta el riesgo de que estos contaminantes lleguen a la Laguna.

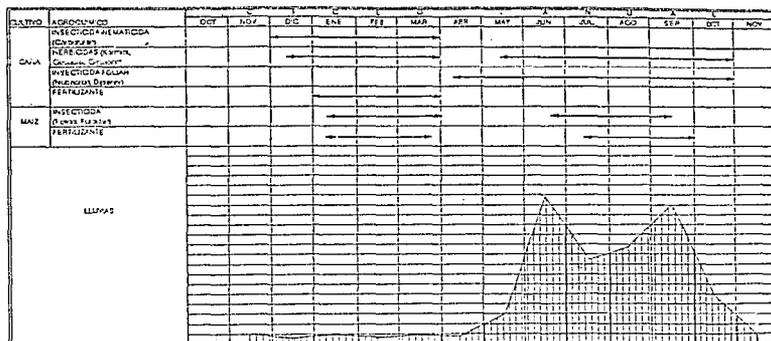


Figura 24. Épocas de mayor aplicación de agroquímicos relacionadas con la precipitación pluvial, en la cuenca de drenaje de la Laguna Superior, Oax.

El deterioro ambiental que estos compuestos implican para el equilibrio ecológico de la Laguna Superior es difícil de establecer, debido a que no existen suficientes estudios sobre este tema que se hayan realizado en áreas geográficas y especies tropicales. Sin embargo, tomando en cuenta los patrones de uso de todos los plaguicidas en la región, puede afirmarse que los herbicidas son uno de los grupos de más alto riesgo. Esto es debido a que, no obstante su carácter poco persistente, su vida media es lo suficientemente larga como para ser arrastrados hasta el cuerpo lagunar. Además, aunque son considerados como compuestos moderadamente tóxicos para organismos acuáticos (Tabla 5), se ha comprobado que suelen tener efectos dañinos sobre los estadios larvarios y juveniles de peces, sobre todo a temperaturas elevadas, lo cual es una característica de las lagunas tropicales (IPCS, 1984 y 1989; George y Nagel, 1990; Viveros, 1990 y Pothuluri *et al.*, 1991).

Tabla 5. Principales características de los plaguicidas utilizados en la cuenca de drenaje de la Laguna Superior, Oax

NOMBRE COMERCIAL	1		2		VRM
	PERSISTENCIA	TRANSPORTE	TOXICIDAD	VRM	
ETH	24	S	0.93 3	N.E.	
FURADAN	N.E.	W	N.E.	8.9	
FOUDOL	0.25	S	N.E.	3.2	
DIFTEX	N.E.	W	51.0 4	N.E.	
LORSEAN 450-E	12	N.E.	0.13 5	N.E.	
TRUVACON	N.E.	W	730	N.E.	
FOSFURO DE ZINC	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
GESAFRIN	3-3.6	SW	N.E.	8.3	
GESAFAX	5-60	SW	N.E.	6.3	
FAENA	7-10	S	7.4	N.E.	
ESTERON Y TORDON	1-18	S	5.5 4	N.E.	
KARMEK	12	S	150 31	7.6	

N.E.: No encontrado

1: Persistencia en el suelo, en meses.

2: Principal vía de transporte durante la escorrentía: ligado a los sedimentos (S); disuelto en el agua (W); o en ambos (SW), según Willis y Mc Dowell (1982)

3: CL50, expresada en mg/l, del pez *Rasbora heteromorpha* en 48 Hrs, según Tocoy *et al.* (1975)

4: CL50, expresada en mg/l, del pez *Pimphales promelas* en 96 Hrs., según Livingston (1977)

5: CL50, expresada en mg/l, del pez *Cyprinus carpio* en 48 Hrs., según Consultores Ambientales Asociados (1991)

6: Valor relativo de riesgo ambiental, cuyo valor mínimo es 4 y el máximo 16, según Willis y Mac Dowell (1982)

Lo mismo puede afirmarse para los insecticidas organofosforados y carbámicos utilizados en la región, ya que al aplicarse en áreas tan cercanas a la Laguna pueden ser arrastrados fácilmente por las aguas de escorrentía antes de degradarse; los efectos tóxicos de estos contaminantes en organismos acuáticos suelen ser muy severos, sobre todo para los estadíos larvarios y juveniles (Stewart *et al.*, 1967; Armstrong y Millemann, 1974; Mulla y Mian, 1981; IPCS, 1986; Lydy *et al.*, 1990).

Un aspecto importante para evaluar correctamente al cultivo de la caña como fuente de contaminación, es la situación general que ha mantenido el Ingenio José López Portillo desde su formación en 1978. Según Rivière y Prévot (1984), el establecimiento del Ingenio fue una medida política que pretendía revigorizar y hacer más rentable el Distrito de Riego # 19, donde se cultivaba principalmente arroz. Para este fin se dieron en un principio una serie de atractivas medidas como crédito abierto al 12.5% de interés, asistencia técnica, precio de garantía elevado, búsqueda y financiamiento de mano de obra externa para la zafra, entre otras. A corto plazo esto provocó una aplicación intensa del paquete tecnológico y altos rendimientos. Sin embargo, a mediano y largo plazo, le dió al cultivo un carácter subsidiado, por lo que tal actividad no fue realmente rentable, desde un principio.

De acuerdo con las entrevistas efectuadas a técnicos y productores, la actual situación económica hace cada vez más difícil obtener ganancias del cultivo y existe la posibilidad de que se desmantele el Ingenio y sea llevado a otra región. Ante este tipo de problemas, cada vez disminuyen más las tierras dedicadas a este cultivo y son abandonadas o dedicadas para pastizales y, por lo tanto, es menor la fuente de contaminación que representa el cultivo de caña. Cabe recordar que la mayor aplicación de agroquímicos para este cultivo ha ocurrido en función de las campañas que lo han promovido. Dichas campañas fueron más intensas durante los años 1984-87, cuando existían condiciones económicas más favorables.

Debido a que las variables externas, como el precio de garantía y la mano de obra, son difíciles de manejar, al parecer la única solución para evitar el colapso de esta actividad es aumentar el rendimiento por hectárea. Esto requeriría un seguimiento más estricto del paquete tecnológico, con un incremento de por lo menos tres veces el uso de herbicidas. En caso de que la actividad cañera del Ingenio José López Portillo desaparezca y nuevamente se intente revalorizar el Distrito de Riego #19, es posible que se cambie el uso del suelo por otro cultivo. En este sentido, debido a la escasez de agua para riego y las condiciones climáticas que limitan a la agricultura en general, dicho cambio implicaría necesariamente el establecimiento de subsidios por parte del Estado. Si esto sucediera, la aplicación de agroquímicos podría tomar un nuevo auge, probablemente con otro tipo de compuestos, tal como ocurrió cuando se cambió al cultivo del arroz por el de caña de azúcar.

Por lo que respecta a la contaminación producida por las actividades petroleras, a diferencia de las fuentes de plaguicidas, no puede establecerse una estacionalidad. Un aspecto sobresaliente de los análisis realizados en torno a este parámetro, fue la detección de hidrocarburos petrogénicos en los sedimentos de la Laguna, los cuales no fueron reportados por Botello y Macko (1980) en un estudio realizado antes de que se intensificaran las actividades petroleras de la región. El origen principal de estos contaminantes podría estar en los derrames accidentales que han ocurrido en los sistemas de ductos de Petróleos Mexicanos, los cuales fueron frecuentes entre 1982 y 1984 y no han vuelto a ocurrir en la misma magnitud durante los últimos años.

Sin embargo, las aguas de escorrentía no son el único medio de transporte de los contaminantes; el aire constituye un medio importante de dispersión (Young *et al.*, 1976). De acuerdo con Salazar *et al.* (1991) y V. Botello (com. pers.) el viento puede transportar a los hidrocarburos presentes en

la atmósfera hacia zonas alejadas de la fuente de origen. Es por ello que no se descarta la posibilidad de que las emisiones atmosféricas de la refinería de Salina Cruz puedan ser una fuente crónica de estos contaminantes durante los meses en que el viento del sur llega a dominar sobre los del norte (abril-mayo). En este mismo sentido, de acuerdo con Jáuregui (1984), durante la tarde la brisa marina de la región se mantiene con una intensidad de 3 m/seg. Esta velocidad sería suficiente para arrastrar las emisiones de la refinería hacia el área de la Laguna en un par de horas.

El mayor número de derrames se ha concentrado en la parte baja de la Unidad *Guiguchuni-DR-19*. En esta zona, desechada para actividades agrícolas, prácticamente no existen vías de comunicación, ni asentamientos humanos, por lo que la detección de los accidentes fue tardía y se complicaron las maniobras de limpieza. En todos estos accidentes la lluvia y el drenaje, tanto natural como inducido, fueron factores muy importantes en el acarreo de los contaminantes. Estos factores, aunados a la cercanía de la Laguna, dieron como resultado que los derrames ocurridos afectaran más rápidamente a los ecosistemas acuáticos.

El derrame de amoníaco (NH_3) fue uno de los que tuvo mayores efectos agudos. Esto se debió al carácter altamente tóxico del amoníaco en peces, el cual puede difundirse fácilmente a través de la membrana de las branquias y disminuir la rigidez de las lamelas, de tal forma, que reduce la capacidad de intercambio de gases y provoca la muerte por asfixia (Reichenbach y Klinkle, 1967; citado por Alvarez, 1987). Además, las concentraciones de amoníaco en el área impactada descendieron a los niveles permisibles conforme a la reglamentación vigente (0.8 mg/l; SEDUE, 1986), hasta después de 360 h de haber ocurrido el accidente y, de acuerdo con Alvarez (1987), la mayoría de las especies de peces sometidos a análisis toxicológicos, presentan una CL_{50} inferior a 0.5 mg NH_3 /l, en un intervalo de 24 a 160 hr.

Por su eliminación más lenta en el ambiente, los derrames de crudo y diesel causaron problemas agudos durante los primeros meses y efectos crónicos a mediano plazo. Esto se debió a que las áreas más dañadas fueron los manglares localizados en la desembocadura de los ríos. Los estudios realizados en bosques de mangle afectados por petróleo, indican que durante el primer año se presenta una ruptura del patrón de desarrollo de la comunidad y que los efectos crónicos se prolongan hasta cuatro años después de ocurrido el accidente (Oliveira *et al.*, 1990). Su efecto a mediano plazo se debe, en parte, a que la vegetación ofrece una gran superficie de absorción y a que la poca magnitud de los flujos impide la limpieza de las áreas contaminadas, manteniendo a dicha comunidad en un estado de "estrés" (Baker, 1983; Samiullah, 1985). Cabe recordar que los manglares son considerados hábitats críticos, es decir, resultan indispensables para ciertas etapas biológicas de algunas especies (Lara-Domínguez, *et al.*, 1991). Debido a lo anterior, el deterioro de los manglares produce un efecto negativo sobre las especies que dependen de esta comunidad; muchas de ellas asociadas a las pesquerías ribereñas.

No obstante el alto riesgo potencial que representan estos contaminantes para la Laguna, no existe una política adecuada para su control. La actitud de PEMEX ante este tipo de contingencias coincide con lo reportado por Toledo (1985), en las zonas petroleras del sureste de México: "se actúa cuando los problemas se presentan o cuando las presiones sociales son ya insostenibles".

Por lo que respecta a los asentamientos humanos como fuente de contaminación, las poblaciones que se localizan dentro de la cuenca hidrológica de la Laguna Superior se caracterizan por carecer de servicios eficientes para la eliminación de los desechos que producen. La mayoría de estas comunidades no tienen sistemas de drenaje de aguas negras y, en aquellas que sí lo poseen, la infraestructura es insuficiente para la población actual.

Asimismo, en estas comunidades, la eliminación de desechos sólidos dista mucho de ser eficiente, por lo que con frecuencia se encuentran grandes basureros a lo largo de los cauces de los principales ríos. Esta fuente de contaminación resulta importante, considerando que ciudades como Juchitán e Ixtepec, localizadas en los márgenes del Río Los Perros, producían en 1979 una cantidad diaria de basura de 0.396 y 0.305 Kg/habitante, respectivamente, con un incremento del 1% anual (SAHOP, 1982). Esto, extrapolado a la población actual, da alrededor de 20 toneladas diarias de desechos sólidos para Juchitán y 6 toneladas para Ixtepec. Cabe señalar que, de acuerdo con Félix-Díaz (1984), estas dos ciudades son las que se están afirmando como los centros regionales de mayor concentración demográfica.

Niveles de Contaminación para la Laguna

Plaguicidas Organoclorados. Como ya se mencionó en la sección de Resultados, ninguna de las 21 muestras de sedimentos de los tres muestreos realizados, presentaron niveles de concentración apreciables de plaguicidas organoclorados. Sin embargo, en los cromatogramas de las muestras de la desembocadura del Río Los Perros, se observaron picos con tiempos de retención superiores al DDT. Tomando en cuenta estos tiempos de retención y las fuentes de contaminación urbana de este río, los picos antes señalados pudiesen corresponder a ftalatos o plastificantes. Una muestra de la influencia urbana sobre este río son los resultados encontrados por Ortiz-Gallarza y García (en prensa), para algunos contaminantes como detergentes y grasas y aceites en columna de agua.

Asimismo, las muestras de sedimentos de la desembocadura de los ríos Los Perros, Verde y Chicapa, presentaron altas concentraciones de un compuesto con un tiempo de retención intermedio a los estándares de epóxido de heptacloro y dieldrín. En este caso es muy probable que se trate de un herbicida, un metabolito de uno de ellos, o de un insecticida organofosforado, ya que la cuenca de estos ríos tiene una fuerte actividad cañera y este tipo de agroquímicos es muy utilizado durante esa época del año. Sin embargo, al igual que en el caso anterior debido a que no era el objeto de estudio, tampoco se corroboró la presencia de estos compuestos.

En cuanto al compuesto alfa-HCH que fue detectado en las muestras de camarón blanco, se puede mencionar que, junto con el beta-HCH, es un isómero del gama-HCH, mejor conocido como lindano. El gama-HCH es el único de los isómeros del HCH que tiene acción insecticida y es el más abundante en la mezcla cuando la aplicación del producto en el ambiente es reciente. Es por ello que la presencia del alfa-HCH resulta extraña, ante la ausencia de los otros dos metabolitos, ya que el gama-HCH tiende a convertirse a beta-HCH durante el proceso de degradación.

Por lo que respecta al p,p'-DDE (DDE), encontrado en la misma especie, se sabe que se origina por biotransformación a partir del DDT. El DDE carece de propiedades insecticidas, pero es más estable que el DDT en el ambiente (Albert, 1990).

De acuerdo con Rendón (1990), la persistencia del lindano en el ambiente es de aproximadamente 2 años, mientras que para el DDT, es superior a los 10 años. En este sentido, de acuerdo con el análisis de las fuentes de contaminación, el DDT no ha sido utilizado en la zona durante los últimos 10 años, al menos en actividades agrícolas, en tanto que el lindano fue aplicado a la zona cañera cuatro años antes de la toma de muestras. Lo anterior puede indicar una mayor persistencia del isómero alfa-HCH que la del lindano como tal, o bien que el control de las aplicaciones no es tan estricto y que este producto sigue utilizándose. Cabe mencionar que, tanto el DDT como el lindano, han sido prohibidos o restringidos en todos los países de la Comunidad Económica Europea y en por lo menos una veintena de países más, debido al riesgo que representan para los ecosistemas y la salud (Rendón, 1990).

Un factor que influye en los efectos perjudiciales de los compuestos organoclorados es la bioacumulación. De acuerdo con el análisis de las tallas de los organismos muestreados (comparadas con las reportadas por Chávez, 1979), el tiempo que necesitaron los camarones para bioconcentrar los valores reportados de DDT y lindano, fue de sólo tres meses.

Galindo (1985), encontró valores máximos, en camarones del Estero Urías, Sinaloa, de 0.15 ug/g para el HCH y de 0.05 ug/g para el caso del DDE. Este mismo autor señala que la reglamentación ambiental para plaguicidas de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, determina un máximo permisible, para la vida acuática, de 0.02 ug/u para el lindano y 0.002 ug/l para el DDT. De igual forma, SEDUE (1986) marca una cantidad máxima para estuarios de 0.02 ug/l y de 0.006 ug/l para el HCH y el DDT, respectivamente. Sin embargo, ninguna de estas dos reglamentaciones propone valores para el alfa-HCH, ni para el metabolito p,p'-DDE.

Hidrocarburos del petróleo. Para el caso de los hidrocarburos del petróleo, los contaminantes que se encontraron en la desembocadura del Estero Xubaxiña y el Río Verde presentaron los picos de los carbonos poco evidentes, en comparación con la mezcla compleja sin resolver. Además, en el cromatograma del Río Verde predominó el isoprenoide fitano, lo cual (de acuerdo con Carlberg, 1980) es característico de hidrocarburos en estado avanzado de degradación.

De acuerdo con el análisis de las fuentes de contaminación, los últimos derrames ocurrieron en el Estero y el Río, cinco y cuatro años antes, respectivamente, de la toma de muestras. Debido a este largo período, resulta difícil establecer una relación entre tales accidentes y los niveles de contaminación actuales, sobre todo porque se desconocen las tasas de degradación bacteriana de la zona. Sin embargo, cabe señalar que las estaciones de muestreo se localizaron entre las zonas de manglar de estos cuerpos de agua, las cuales se consideran como ambientes de baja energía. En estos tipos de ambientes, de acuerdo con Owens (1978; citado por Carlberg, 1980), la acción restringida del viento y las mareas retarda sensiblemente la degradación de los hidrocarburos. Además, de acuerdo con PEMEX (1988), se conoce que las tasas de degradación de hidrocarburos son más bajas en sedimentos anaeróbicos. Este tipo de sustratos reducidos, son típicos de las áreas de manglar (Cintrón y Schäffer-Novelli, 1983).

Como ya se mencionó en la sección de Resultados, ninguna de las muestras de organismos presentaron concentraciones apreciables de hidrocarburos. Esto puede explicarse con lo mencionado en párrafos anteriores: que no han ocurrido derrames de estos contaminantes en años recientes y que los valores de concentración encontrados en sedimentos son bajas y se localizan en áreas restringidas.

Plomo y Cadmio. De acuerdo con Osuna-López *et al.* (1989), la comparación de niveles de concentración de metales pesados de diferentes regiones costeras no es muy recomendable, debido a las diferencias tanto de los regímenes hidrográficos como de las consideraciones analíticas. Sin embargo, tales comparaciones suelen ser ilustrativas. Es por ello que puede señalarse que para el caso de plomo los valores encontrados en el presente estudio, son similares a los notificados por Rosas *et al.* (1983), para las lagunas costeras del Carmen, en el estado de Tabasco, y las de Tampamachoco y Mandinga, en el estado de Veracruz. Asimismo, estos valores, en promedio, son de cinco a diez veces más bajos que los encontrados por: Alvarez (1983; citado por Ponce, 1988) y Badillo (1986), para el Río Blanco; Villanueva (1987), para el Río Coatzacoalcos y Ponce (1988), para la Laguna de Términos; las cuales son consideradas como áreas afectadas por problemas de contaminación.

Para el caso del cadmio, los valores de la Laguna Superior resultaron ser muy similares a los de estas zonas. El origen de estos altos valores de cadmio en el área de influencia del Estero Cantera y del Río Verde puede ser de actividades humanas. De acuerdo con la descripción de las fuentes de contaminación de la sección anterior, la superficie de drenaje de estos cuerpos de agua presenta áreas agrícolas en común. En este sentido, el IPCS (1991), señala que la aplicación de fertilizantes fosfatados en áreas de cultivo representa una entrada directa de cadmio al suelo, con una concentración variable en función de la roca de fosfato utilizada para su fabricación; los análisis de rocas en USA y Africa occidental han permitido establecer un intervalo de 35 a 255 g de cadmio por cada tonelada de fosfato.

Para el caso de la Laguna Superior, la cantidad de fosfato usada de 1979 a 1989, en los fertilizantes de la caña de azúcar, fue de alrededor de 6,000 toneladas *. Tomando en cuenta la proporción del cadmio en el fosfato, señalada anteriormente con datos del IPCS, la cantidad de este metal aplicada en diez años, en las áreas agrícolas de la Laguna, podría ser de 0.2 a 1.5 toneladas.

Resulta evidente que es factible la entrada de este metal a la Laguna, a través de las aguas de escorrentía. Sin embargo, no es posible atribuir estrictamente los altos valores de cadmio en los sedimentos lagunares a las actividades agrícolas; sobre todo, por que no existen estudios anteriores en el área que permitan establecer la influencia de las actividades antropogénicas en la concentración de metales.

De acuerdo con la revisión bibliográfica efectuada por Förstner (1980), para áreas estuáricas de España, Inglaterra y Noruega, los valores encontrados para cadmio en crustáceos variaron, en estos sitios, desde 0.7 hasta 33 ug/g, con una media geométrica de 1.0 ug/g. Estos niveles de concentración son superiores a los de las muestras de camarón del presente estudio, por lo que se considera que la contaminación de este tipo todavía es relativamente baja.

Los Aspectos Sociales de la Pesca y los Problemas de Contaminación

De existir las estadísticas de producción de cada grupo de pescadores, antes y después de los problemas de contaminación, hubieran proporcionado una idea más clara, en términos económicos, de los efectos negativos causados por los problemas de contaminación. Sin embargo, los únicos pescadores que realizan tales estadísticas son los lancheros y su validez no es confiable, pues estos datos no son tomados sistemáticamente. Es por ello que los datos recabados en la Oficina de Pesca durante el presente estudio, son confusos e incompletos. Ante esta situación, los datos obtenidos mediante las entrevistas realizadas tienen gran relevancia y resultan básicos para evaluar a los problemas de contaminación, al menos de manera cualitativa.

En este sentido, con base en las entrevistas efectuadas a los diferentes grupos de pescadores, resulta clara la búsqueda de un mayor rendimiento en su actividad. Es decir, desean captar los máximos beneficios de su actividad con la menor inversión posible. Los beneficios que pretenden obtener van desde la pequeña contribución a la economía familiar a través del autoconsumo, lo cual también favorece al enriquecimiento de su dieta, hasta la remuneración económica derivada de la venta del producto. En tanto, lo que desean minimizar son los gastos de transporte, combustibles, de preservación del producto, adquisición y mantenimiento de sus artes de pesca y tiempo. Este adquiere un gran valor pues es necesario para la reparación de sus equipos, para realizar otras actividades productivas, para descansar y para sus actividades sociales. Además, debido al carácter perecedero del producto, el tiempo también tiene una connotación especial cuando se carece de los medios adecuados de conservación.

Bajo el panorama antes descrito, cualquier problema de contaminación que impida la eficiencia de su actividad, traerá repercusiones sociales negativas sobre las comunidades afectadas. Los diferentes aspectos de la pesca, en donde los problemas de contaminación pueden afectar negativamente son:

*El fertilizante utilizado es el "Triple 17", el cual contiene el 17% de fosfato. La cantidad aplicada por hectárea es de 550 Kg de fertilizante. La superficie sembrada de caña de azúcar en los últimos 10 años es de 68,000 ha.

a) Volúmenes de captura. Esta variable depende, en primera instancia, de la disponibilidad del recurso. Por lo tanto, un impacto directo de los problemas de contaminación, es el efecto tóxico de los contaminantes sobre las poblaciones de especies pesqueras. Los efectos pueden causar un detrimento abrupto del stock pesquero o manifestarse a través de efectos subletales que disminuyen el potencial pesquero de las poblaciones a largo plazo.

b) Percepción ecológica del pescador. Como ya se ha mencionado, debido al carácter altamente complejo de los recursos pesqueros, la actividad pesquera implica la comprensión de fenómenos naturales, tales como el movimiento y reclutamiento de especies, su estacionalidad anual, su relación con fenómenos hidrológicos e hidrodinámicos (períodos mareales, épocas de lluvias y nortes), entre otros. Con este conocimiento empírico de la dinámica ambiental, el pescador pretende disminuir, en lo posible, lo azaroso de su actividad. Por tal motivo, los problemas de contaminación, como parámetro desconocido, aumentan el carácter aleatorio de las capturas.

c) Insumos. La respuesta generalizada de los pescadores ante los problemas de contaminación, de buscar otras áreas de pesca, implica necesariamente mayores insumos. Estos pueden ser en hielo, combustibles, transporte y tiempo, lo que hace menos eficiente su actividad y reduce las ganancias.

d) Comercialización. El desplazamiento hacia otras áreas de pesca obliga, en ocasiones, a vender el producto de la pesca en otros puertos de desembarco. Esta condición es aprovechada por los intermediarios de esos lugares, que ofrecen un precio menor por los productos de la pesca. Otro aspecto importante es el descenso de la demanda en el mercado por la afectación, real o imaginaria, de la calidad de los productos de la pesca.

El efecto de los problemas de contaminación para cada grupo de pescadores, está en función del tipo de dependencia que guarde con su actividad. En este sentido, la pesca ribereña de la región presenta tres tipos básicos de dependencia:

a) Dependencia total, la cual está representada por los lancheros "de tiempo completo". Estos pescadores tienen gran autonomía para desplazarse, consiguen cómo preservar su producto y lo comercializan en cantidades considerables. Representan cerca del 15% de los pescadores y, desde el punto de vista económico, son los más perjudicados por los problemas de contaminación, ya que la pesca constituye su única fuente de ingresos. Sin embargo, la autonomía de sus artes de pesca les permite afrontar dichos problemas emigrando hacia otras áreas de captura, aunque con menos ganancias.

b) Dependencia parcial, incluye a tarrayeros "tipo", cayuqueros, rastrosos y chinchorrosos. Estos alternan su actividad, dependiendo de la época del año, con otras tareas complementarias, pero su principal actividad sigue siendo la pesca. El porcentaje que representan entre los pescadores es de poco más del 80%. Los problemas de contaminación, cuando ocurren en sus lugares de pesca y en la época en la que más dependen de esta actividad, les crean serios conflictos puesto que no pueden movilizarse a otras áreas. En casos extremos hay abandono de la actividad pesquera e, inclusive, migraciones a otros centros urbanos.

c) La dependencia esporádica está representada por los pescadores ocasionales (campesinos, obreros, entre otros), los cuales ocupan su tiempo libre para esta actividad y cuyo arte de pesca más común es la atarraya. La evaluación de la importancia de la pesca y de las repercusiones de los problemas de contaminación, para los pescadores ocasionales, está fuera del alcance del presente estudio. Sin embargo, cabe señalar que, de acuerdo con SEPESCA (1990), la población

riberaña de la Laguna Superior es de poco más de 22,000 habitantes, los cuales pueden ser usuarios potenciales de los recursos pesqueros y conferirle así un mayor valor social a la pesca ribereña de la región.

La actividad pesquera ribereña en la región de la Laguna Superior, es sumamente vulnerable a los efectos causados por los problemas de contaminación ya que se encuentra en un estado crítico. Los principales factores que propician esta crisis son:

a) Las condiciones ecológicas de la región. Como ya se señaló en la Sección de Antecedentes, las lagunas costeras se caracterizan por una gran productividad biótica. Sin embargo, de acuerdo con Ortiz (1985), los sistemas lagunares de esta zona presentan comúnmente una productividad natural menor, debido a que los acarreo de sedimentos y nutrimentos no son tan significativos como en la vertiente del Golfo de México. Por tal motivo, la abundancia del recurso pesquero es comparativamente más baja, lo cual no permite una mayor intensidad en las actividades de pesca sin que se presenten problemas de sobreexplotación.

b) Los eventos ambientales excepcionales. Como el cierre de la Laguna en 1987, el cual se tradujo en el abatimiento de importantes poblaciones de especies pesqueras. En este sentido, con base en los datos hidrológicos obtenidos en el presente estudio y los datos reportados por Ortiz y García (en prensa), se ha observado que las condiciones hidrológicas naturales se modifican severamente cuando se obstruye la comunicación de la Boca de San Francisco. La Figura 25 muestra los valores de salinidad y temperatura que se presentaron en los años 1987 y 1988, tiempo en que permaneció cerrada dicha comunicación. Los valores máximos de temperatura y salinidad en ese entonces fueron de 29.9 °C y 60 ug/g, respectivamente (prácticamente el doble de lo normal). Tales condiciones extremas provocaron la disminución radical de especies pesqueras como la curvina y el roncador e, inclusive, la desaparición de algunas poblaciones como la del abulón (*Muricanthus nigrilus*).

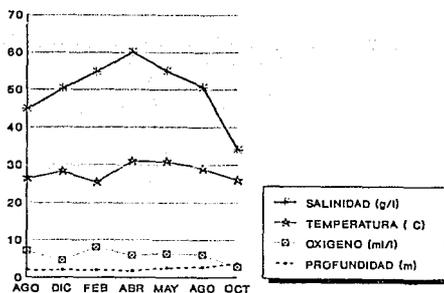


Figura 25. Comportamiento de los principales parámetros ambientales de la Laguna Superior (1987-1988)

En este mismo sentido, las sequías prolongadas, como la ocurrida entre los años 1986 y 1988, al provocar estragos en la agricultura de la región (sobre todo la de temporal), hace más crítica la situación de los pescadores que alternan la pesca con estas actividades. Como puede observarse en la Figura 26, los problemas de contaminación aguda que han ocurrido en la Laguna, junto con los eventos ambientales de la región en los últimos diez años, han mantenido bajo presión a las condiciones sociales de la pesca ribereña.

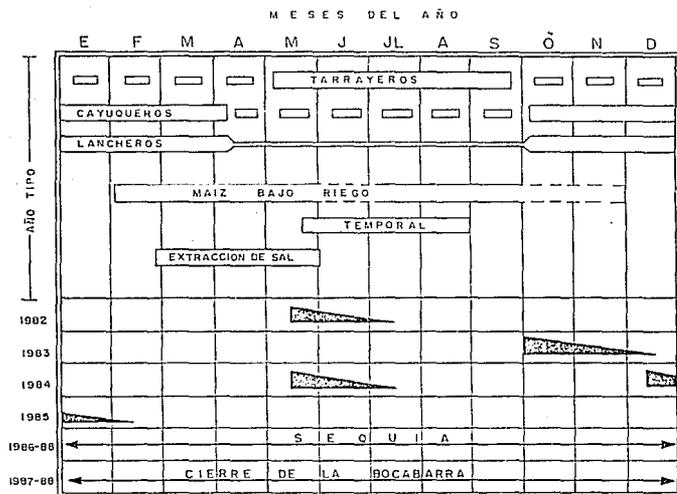


Figura 26. Calendarización de la pesca ribereña de la Laguna Superior, Oax. en un año tipo, en correlación con los principales derrames ocurridos (▲) y los eventos ambientales excepcionales (↔)

c) La falta de infraestructura. Todas las comunidades pesqueras de la región, tienen vías de comunicación deficientes. Esto complica el traslado de sus insumos y de la mercancía, hacia los centros de venta. De igual manera, se carece de la infraestructura necesaria para preservar adecuadamente los productos de la pesca.

d) La falta de reconocimiento a la organización local. Los pescadores tienen una organización interna propia; sin embargo, desde el punto de vista "oficial" no están debidamente organizados. Esto provoca serias restricciones en su actividad, ya que no son sujetos de crédito para la adquisición de equipos y no tienen acceso a capacitarse. Esto es especialmente cierto para el caso de los tarrayeros "tipo", los que recurren a la clandestinidad para la pesca del camarón. Esto se debe a que por decreto presidencial, la explotación de este recurso es exclusiva de sociedades cooperativas, desde 1981.

Asimismo, la falta de organización "oficial" no ha permitido a los pescadores recibir adecuadamente las indemnizaciones por concepto de daños a la pesca. Ante esta situación, los perjuicios ocasionados por problemas de contaminación han sido utilizados por diversas organizaciones políticas y sociales, ajenas a sus comunidades, para obtener beneficios económicos propios. Cabe señalar que formas efectivas de organización local, como las sociedades de tarrayeros alrededor de un Guuze Gola, han sido minimizadas y relegadas a un segundo término por las autoridades.

e) La condición de otras actividades productivas. Este factor es válido para los pescadores que tiene una tipo de dependencia parcial y esporádica con la pesca. La mayoría se dedican a trabajos no especializados y cada vez les resulta más difícil encontrar fuentes de ingresos con tales oficios. Además, aquellos que alternan las actividades del campo con la pesca, enfrentan el problema del crecimiento de la población, la cual ha reducido la extensión de tierra *per capita*, lo que ha disminuido los beneficios de la agricultura.

SINTESIS INTEGRAL Y CONCLUSIONES

Uno de los principales elementos que se desprenden de este estudio es la utilidad del criterio de cuenca hidrológica para la ubicación del origen de las fuentes de contaminación de la Laguna y para enmarcar áreas de mayor riesgo. Esto concuerda con lo señalado por Downs, (1991), quien categoriza a la cuenca de drenaje como la unidad elemental para el análisis y la planeación regional.

Por otro lado la descripción de las fuentes de contaminación permitió detectar los problemas críticos de la región de estudio, con mayor acierto que a través de la determinación aislada de los niveles de concentración de los contaminantes. Esto lleva a considerar que ambos aspectos son fundamentales y complementarios para el estudio de los problemas de contaminación en las lagunas costeras.

Asimismo, la descripción de los aspectos sociales de la pesca ribereña proporcionó una base más sólida para la evaluación de los problemas ambientales de la Laguna. Sobre todo porque permitió la detección de los grupos sociales más vulnerables a tales problemas y permitió estimar los alcances reales de éstos, en términos económicos y sociales.

El análisis de las fuentes de contaminación señala a las subcuencas *Guiguchuni-DR-19*, *Los Perros, Chilona-DR-19* y *Chicapa*, como las Unidades de mayor riesgo para la Laguna Superior, en cuanto a problemas de contaminación se refiere.

No obstante sus extensas áreas agrícolas, la Unidad *Guiguchuni* no representa ningún peligro real o potencial como fuente de plaguicidas, debido a los patrones culturales asociados al cultivo del maíz. El mayor impacto que ha tenido esta subcuenca sobre la Laguna ha sido por derrames de hidrocarburos y derivados. La presencia de hidrocarburos antropogénicos en los sedimentos de la desembocadura de esta Unidad, refuerza esta afirmación.

Por lo que corresponde a la Unidad *Los Perros*, esta subcuenca representa un peligro potencial como fuente de contaminación por desechos urbanos. Este potencial se debe al desarrollo desordenado de los principales núcleos urbanos de la región, que se localizan en los últimos 30 Km de la subcuenca. Además, los análisis de sedimentos del presente estudio mostraron algunos compuestos que fueron identificados tentativamente como plastificantes o ftalatos.

Por su parte, la subcuenca *Chilona-DR-19*, representa la mayor fuente de plaguicidas para la Laguna, especialmente herbicidas cuyo origen es el cultivo de la caña de azúcar. Además, debido a los derrames ocurridos en el sistema de ductos de PEMEX que fueron vertidos a la Laguna a través del drenaje de la zona, también representa una fuente potencial para la Laguna de hidrocarburos y derivados. Estas dos fuentes de contaminación se relacionan con los análisis efectuados, en los que se determinaron residuos de hidrocarburos y de sustancias identificadas tentativamente como productos de biotransformación de herbicidas.

En cuanto a la subcuenca *Chicama*, su principal riesgo son los plaguicidas utilizados en cultivo de la caña de azúcar. No obstante que en comparación con la Unidad *Chilona-DR-19*, tiene una menor superficie de este cultivo, la aplicación más estricta del paquete tecnológico aumenta su potencialidad. Los aportes de estos contaminantes pueden relacionarse con las sustancias encontradas en los sedimentos de la desembocadura de esta Unidad, las cuales se supone que pueden ser productos de biotransformación de herbicidas.

Las Unidades *Espanita Perros* y *San Dionisio*, no representan ningún riesgo real ni potencial como fuentes de contaminación para la Laguna.

De acuerdo con los tipos de contaminantes presentes en el área, los hidrocarburos del petróleo y sus derivados, junto con los plaguicidas, son las sustancias de mayor riesgo para la Laguna. En cuanto a los metales, el cadmio representa un importante riesgo potencial, debido al aporte crónico, posiblemente provocado por actividades agrícolas.

Los hidrocarburos representan una contaminación de tipo agudo, con repercusiones ecológicas a corto y mediano plazo. Su impacto resulta relevante por que han afectado a las áreas de manglar ubicadas en la desembocadura del Río Verde y del Estero Xubasiña, los cuales son de suma importancia desde los puntos de vista ecológico y pesquero.

Por su parte, los plaguicidas representan un problema, sobretodo, de tipo crónico. Las compuestos más utilizados son los herbicidas, con ingredientes activos a base de 2,4-D, diurón y atrazina, y los insecticidas foliares, a base de paratión etílico. Sin embargo, los análisis efectuados en organismos revelaron la presencia de plaguicidas organoclorados en la zona (lindano y DDT), por lo que estos productos pueden estar utilizándose aún para ciertas actividades agrícolas o en campañas de salud. No obstante que las sustancias más utilizadas son poco persistentes (herbicidas e insecticidas organofosforados), su aplicación en áreas cercanas a la Laguna y en la época de mayor precipitación pluvial, aumenta considerablemente su riesgo ambiental.

A través del análisis de los aspectos sociales de la pesca ribereña se detectaron tres tipos de dependencia de esta actividad: a) Dependencia total, representada por los *lancheros*, quienes tienen gran autonomía para desplazarse, consiguen cómo preservar su producto y lo comercializan en cantidades considerables. Representan cerca del 15% de los pescadores y, desde el punto de vista económico, son los más perjudicados por los problemas de contaminación. Sin embargo, la autonomía de sus artes de pesca les permite afrontar dichos problemas emigrando hacia otras áreas de captura, aunque con menos ganancias; b) Dependencia parcial, incluye a *tarrayeros* "tipo", *cayuqueros*, *rastreros* y *chinchorreros*, los cuales alternan su actividad con otras tareas económicas complementarias. El porcentaje que representan entre los pescadores es de poco más del 80% y los problemas de contaminación, cuando ocurren en sus lugares de pesca y en la época en la que más dependen de esta actividad, les crean serios conflictos puesto que no pueden movilizarse a otras áreas; c) La dependencia esporádica está representada por los pescadores ocasionales (*campesinos*, *obreros*, entre otros), los cuales ocupan su tiempo libre para esta actividad y cuyo arte de pesca más común es la *atarraya*.

Los fenómenos de contaminación detectados en la región pueden estar causando ya serios trastornos en la actividad pesquera de los grupos antes mencionados (Fig. 27). Estos efectos pueden manifestarse en menores volúmenes de captura, confusión en la percepción ecológica del pescador, mayores insumos en la actividad y dificultades para la comercialización del producto.

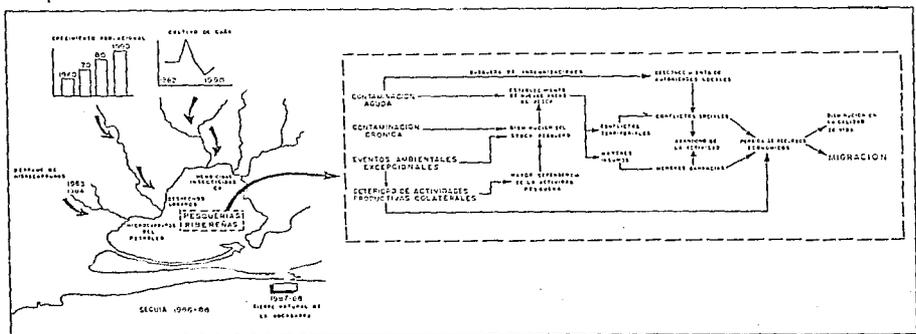


Figura 27. Diagrama conceptual de las fuentes de contaminación de la Laguna Superior y sus repercusiones sobre la pesca ribereña de la región

En los incidentes agudos que se han presentado en los últimos años, los grupos más afectados han sido los tarrayeros y cayuqueros, los cuales representan a la mayoría de la población regional de pescadores. Estos grupos son los que poseen los niveles de vida más precarios, lo que ha contribuido a magnificar los efectos de los derrames.

Entre los factores que contribuyen con un efecto sinérgico a los problemas de contaminación, destacan: las condiciones ecológicas de la región, los problemas de otras actividades productivas colaterales, la falta de una adecuada infraestructura pesquera y del reconocimiento, por parte de las autoridades, a los tipos de organización local.

LITERATURA CITADA

ADDISON, 1976. Organochlorine compounds in aquatic organisms: Their distribution, transport and physiological significance, p. 127-143. En: Lockwood A., Effects of pollutants on aquatic organisms. Cambridge University Press. Nueva York.

ALBERT, L.A., 1985 (Ed.). Curso Básico de Toxicología Ambiental. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud/Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver. 371 p.

ALBERT, L.A., 1986. Some problems with pesticide use in Mexico. Pánel "Environmental policy and issues in Mexico, some aspects related to permanent and persistent pollutants". XIII Congreso Anual de LASA, Boston, Mass. Oct. 22-25 1986, 9 p.

ALBERT, L.A., 1990 (Coord.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., 331 p.

ALBERT, L.A. y V.M. ARMIENTA, 1975. Contaminación por plaguicidas organoclorados en un sistema de drenaje agrícola del estado de Sinaloa. Protección de la calidad de agua. México. Año. 3 Vol. III(1):5-17.

ALBERT, L.A. y A. FIGUEROA, 1985. Evaluación preliminar de la contaminación por plaguicidas organoclorados y ftalatos en organismos del Río Blanco, Veracruz. Rev. Soc. Quím. Mex. 29(4): 198.

ALBERT, L.A. y A.D. VIVEROS, 1987. Plaguicidas organoclorados y ftalatos en sedimentos del Río Blanco, Veracruz, México. Rev. Toxicol. (España) 4:7-17.

ALBERT, L.A., F. BADILLO y C. BÁRCENAS, 1990. Los piretroides, Cap. 14: 163-73. En: Albert, L.A. (Coord.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., 331 p.

ALPUCHE, L., 1990a. Los insecticidas organofosforados, Cap. 11: 121-138. En: Albert, L.A. (Coord.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., 331 p.

ALPUCHE, L., 1990b. Los carbamatos, Cap. 12: 139-155. En: Albert, L.A. (Coord.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., 331 p.

ALVAREZ, M.S., 1987. Concentración letal media (CL₅₀) de amonio no ionizado (NH₃) para *Cichlasoma urophthalmus* Günther, 1983. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico del Mar. SEP. Veracruz, Ver. 72 p.

ALVAREZ, R.U., H. L. ROSALES y E. A. CARRANZA., 1986. Heavy metals in Blanco river sediments, Veracruz, Mexico. Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 13 (2): 1-10.

APHA, AWWA, WPCF. (ed.) 1976. Standard Methods for the examination of water and wastewater.

ARMSTRONG, D.A. y R.E. MILLEMANN, 1974. Effects of the insecticide carbaryl on clams and some other intertidal mud flat animals. *J. Fish. Res. Board Can.* (31): 466-480.

ATWOOD, D.K. y H.F. BEZDEK (Eds.), 1980. Proceedings of a Symposium on Preliminary Results from September 1979 Researcher / Pierce IXTOC-1 Cruise. Key Biscayne, Florida Jun. 9-10, 1980. U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Key Biscayne, 592 p.

ATWOOD, D.K., J. CORREDOR, G. HARVEY, A. MATA, A.V. BOTELLO y B. WADE, 1987. Results of the CARIPOL petroleum pollution monitoring project in the Caribbean. *Oceanus*, 30(4): 25-32.

BADILLO, F., 1986. Evaluación preliminar de la contaminación por metales pesados en el Río Blanco, Veracruz. Tesis Profesional, ENEP-Iztacala, UNAM, México, 139 p.

BAKER, J.M., 1983. Impact of oil pollution on living resources. IUCN. Commission on Ecology Papers, Number 4, 47 p.

BENÍTEZ, J., J. ROJAS y D. ZÁRATE, 1991. Hydrological basin criteria applied to pollution and environmental impacts on the coastal zone. *Jaina* 2(1):8.

BOTELLO, A.V., 1978. Presencia de hidrocarburos fósiles en los ecosistemas estuarinos del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.*, 26(1): 135-151.

BOTELLO, A.V., 1979a. Presencia e importancia de hidrocarburos fósiles en el medio ambiente marino: Nota Científica. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 6(1): 1-6.

BOTELLO, A.V., 1979b. Niveles actuales de hidrocarburos fósiles en ecosistemas estuarinos del Golfo de México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 6 (1): 7-14.

BOTELLO, A.V., 1980. Investigación de los niveles de contaminación de hidrocarburos y metales pesados en los sedimentos y en algunos elementos bióticos (ostiones y algas) de las lagunas litorales del estado de Tabasco. Centro de Ecodesarrollo. CONACYT-CECODES, México D.F., pp. 180-228.

BOTELLO, A.V., 1982. Niveles actuales de compuestos organoclorados, desechos industriales y coliformes en los sistemas lagunares del Estado de Tabasco. Informe Técnico. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 59 p.

BOTELLO, A.V. y E.F. MANDELLI, 1978. Distribution of N-paraffins in sea-grasses, benthic algae, oyster and recent sediments from Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 19(2): 162-170.

BOTELLO, A.V. y S.A. MACKO, 1980. Presencia de hidrocarburos fósiles (n-parafinas) en sedimentos recientes de lagunas costeras en el Pacífico de México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 7(1): 159-168.

BOTELLO, A.V. y S.A. MACKO, 1982. Oil pollution and the carbon isotope ratio in organisms and recent sediments of coastal lagoons in the Gulf of Mexico, p. 55-62. En: Lasserre, P. y H. Postma (Eds.) *Coastal Lagoons. Oceanologica Acta, Vol. Spec. 5(4)*, 462 p.

BOTELLO, A.V. y F. PÁEZ, 1986. El problema crucial: La contaminación. En: *Serie Medio Ambiente*, 1. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., 180 p.

BOTELLO, A.V. y S. VILLANUEVA, 1987. Vigilancia de los hidrocarburos fósiles en sistemas costeros del Golfo de México y áreas adyacentes: I Sonda de Campeche. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 14(1): 45-52.

BOTELLO, A.V. y M. MENDELEWICZ, 1988. La contaminación y los contaminantes de la Laguna de Términos, Cap. 21: 415-430. En: Yáñez-Arancibia, A. y J.W. Day, Jr. (Eds.) Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México D.F., 518 p.

BOTELLO, A.V., J.A. GOÑI y S. CASTRO, 1983. Levels of organic pollution in coastal lagoons of Tabasco State, Mexico, Part I: Petroleum hydrocarbons. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 31: 271-277.

BOTELLO, A.V., G. DÍAZ GONZÁLEZ, S. VILLANUEVA FRAGOSO, G. PONCE VÉLEZ, A.B. ROSAS, L. RUEDA, J. VELÁZQUEZ, Y. PICA GRANADOS, E. RIVERA SÁENZ, J.A. GARCÍA, N. PEDRAZA y C. GONZÁLEZ, 1990. Impacto ambiental de los hidrocarburos organoclorados y de microorganismos patógenos específicos en lagunas costeras del Golfo de México. Informe Técnico Final 1989-1990. Proyecto OEA-CONACYT. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 69 p.

BRETON Y. y E. LÓPEZ E., 1989. Ciencias sociales y desarrollo en las pesquerías. Modelos y métodos aplicados al caso de México. Colección Divulgación. INAH, México, D.F., 327 p.

BROWN, A.W.A. (Ed.), 1978. Ecology of pesticides. John Wiley and Sons, Nueva York. Cap. 14: 403-431.

CALBERG, S.R., 1980. Oil pollution of the marine environment with an emphasis on estuarine studies,; 367-402. En: Olausson, E. y I. Cato. Chemistry and Biogeochemistry of estuaries. John Wiley and Sons Ltd., Nueva York, 450 p.

CÁRDENAS, F.M., 1969. Pesquerías de las lagunas litorales de México, p. 645-652. En: Ayala-Castañares, A. y F.B. Phleger. Lagunas costeras, un simposio. Mem. Simp. Inter. Lagunas costeras. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967, México, D.F.

CARRASCAL, E., 1984. Transporte y dependencia exterior en el istmo de Tehuantepec, p. 53-59. En: El puerto industrial de Salina Cruz, Oax, Seminario Franco-Mexicano, julio, 1982. Instituto de Geografía UNAM y Centro de Investigaciones y Documentación de América Latina (CREDAL/CNRS). México. 186 p.

CARVAJAL, R.J., 1973. Condiciones ambientales y productividad de la Laguna de Términos, Campeche, México. Laguna, 31:35-38.

CHÁVEZ, E.A., 1979. Diagnósis de la pesquería de camarón del Golfo de Tehuantepec, Pacífico sur de México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 6(2):7-14.

CHENAUT, V., 1985. Los pescadores de la Península de Yucatán. CIESAS, Cuadernos de la Casa Chata No. 121. México, D.F., 150 p.

CHESTER, R. y F.G. VOUTSINO, 1981. The initial assessment of trace metal pollution in coastal sediments. Marine Pollution Bulletin, Vol. 12, N° 3, p. 84-91.

CIFUENTES, L.J.L., R. RODRIGUEZ y A. ZARUR, 1972. Panorama general de la contaminación en México.: 100-106. En: Ruivo, M. (Ed.). Marine Pollution and Sea Life. FAO. Fishing. News (Books) LTD.

CINTRON, G. y Y. SCHÄFFER-NOVELLI, 1983. Introducción a la ecología del manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina. Montevideo, Uruguay. 109p.

CNEP, 1980. Censo de la Comisión Nacional para Erradicación del Paludismo.

CONSULTORES EN INGENIERA FLUVIOMARTIMA, S.A., 1970. Estudios topohidrográficos en las Lagunas Superior e Inferior, Oaxaca. Trabajo realizado para la Secretaría de Marina, México, D.F.

CORNER, E.D.S., R.P. HARRIS, K.J. WHITTLE y P.R. MACKIE, 1976. Hydrocarbons in marine zooplankton and fish. En: Lockwood, A.P.M. (Comp.). Effects of pollutants on aquatic organisms. Cambridge University Press, Nueva York, 89 p.

CORTÉS V., J.M. y A.V. BOTELLO, 1988. Presencia de esteroides en sedimentos del Río Coatzacoalcos y Laguna del Ostión, Veracruz, México. Rev. Contaminación Ambiental, 4(1): 7-17.

COSMA, B., R. FRANCHE, F. BAFFI y A. DADONE, 1982. Trace metals in sediments from the Ligurian Coast, Italy. Marine Pollution Bulletin, Vol. 13, N° 4. p. 127-132.

CROMWELL, J.E., 1985. Marine geology of Laguna Superior, Mexico. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 12(1): 71-98.

CRUZ DE LA, R.J.L. y R.A. REYNA, 1986. Integración del trabajo pesquero al mercado: estudio de desarrollo regional. Tesis de Maestría. Esc. Nal. de Antropología e Historia. México, D.F., 162 p.

DAY, Jr. 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, p. 269-276. En: Lasserre, P. y H. Postma (Eds.) Coastal Lagoons. Oceanologica Acta, Vol. Spec. 5(4): 462 p.

DGE-SIC., 1960. Censo General de Población. Dirección General de Educación-Secretaría de Industria y Comercio.

DGE-SIC., 1970. Censo General de Población. Dirección General de Educación-Secretaría de Industria y Comercio.

DÍAZ, G.G. y Q. RUEDA, 1990. Análisis evaluativo de contaminación por plaguicidas organoclorados en zonas costeras de los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche, México, IV. 1: 15-30. En: Botello, A.V., 1990. Impacto ambiental de los hidrocarburos organoclorados y de microorganismos patógenos específicos en lagunas costeras del Golfo de México. Informe Final 1989-1990. Proyecto CONAYT. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, 69 p.

DOWNS, W.P., 1991. How integrated is river basin management? Environmental Management Vol. 15(3): 299-309.

FÉLIX-DÍAZ, O.I., 1984. El área urbano-regional del Estado de Oaxaca en el Istmo de Tehuantepec, p. 8-33. En: El puerto industrial de Salina Cruz, Oax, Seminario Franco-Mexicano, julio, 1982. Instituto de Geografía UNAM y Centro de Investigaciones y Documentación de América Latina (CREDAL/CNRS). México. 186 p.

FLORES-BÁEZ, B., S. SAÑUDO WILKELMY, E.A. GUTIÉRREZ-GALINDO y M.S. GALINDO-BECT., 1984. DDT en la almeja pismo *Tivela stultorum* (Mane) de San Quintín, Baja California. Ciencias Marinas. Vol. 13(2): 19-24.

FÖRSTNER, V., 1980. Inorganic pollutants, particularly heavy metals in estuaries. Cap. 10: 307-348. En: Olausson E. e I. Cato. Chemistry and biogeochemistry of estuaries. John Wiley and Sons Ltd Nueva York.

FÖRSTNER V. y G.T.W. WITTMANN, 1979. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag, Nueva York, 487 p.

GALINDO, R.G., J.H. MEXIA M. y L. OCHOA H., 1985. Contaminación en el camarón. Niveles y tipos de contaminación por plaguicidas en el camarón (*Penaeus* sp) y en el agua, del Estero de Urías, Mazatlán, Sinaloa. Revista de la Universidad de Sinaloa 85: 32-36.

GARCÍA, E., 1980. (Ed.) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM, México, D.F., 246 p.

GARCÍA, B.R., 1986. La investigación interdisciplinaria. Cap. 2: 69-71. En: Leff, E. (Coord.) Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo. Siglo XXI, México, D.F. 476 p.

GEORGE, G., y R. NAGEL, 1990. Toxicity of lindane, atrazine and deltamethrin to early life stages of zebrafish (*Brachydanio rerio*). Ecotoxicology and Environmental Safety 20: 246-255.

GIATTINA, J.D. y R.R. GARTON, 1983. A review of the preference-avoidance responses of fishes to aquatic contaminants. Residue Reviews, Vol. 87: 43-90.

GOLD, G., J. A. ACUÑA y J. MORELL, 1987. Manual CARIPOL para el análisis de hidrocarburos del petróleo en sedimentos y en organismos marinos. Documento de trabajo preparado para CARIPOL/IOCARIBE, 25 p.

GUTIÉRREZ-GALINDO, E.A., 1980. Distribution et variation des taux du DDT dans la moule *Mytilus californianus* sur la cote nord-occidentale de Basse Californie. Rev. Int. Océanogr. Méd. Tome LVIII: 59-67.

GUTIÉRREZ-GALINDO, E.A., 1983. Variación espacial y temporal de pesticidas organoclorados en el mejillón *Mytilus californianus* (Conrad) de Baja California. Ciencias Marinas. Vol. 9(1): 7-18.

GUTIÉRREZ-GALINDO, E.A., G. FLORES M. y J.A. LÓPEZ M., 1984. DDT en el ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg) cultivado en Bahía San Quintín, Baja California. Ciencias Marinas 10(3): 17-30.

GUTIÉRREZ-GALINDO, E.A., G. FLORES-MUÑOZ, M.F. VILLA-ANDRADE y J.A. VILLAES-CUSA-CELAYA, 1988. Insecticidas organoclorados en peces del valle de Mexicali, Baja California, México. Ciencias Marinas 14(4): 1-22.

HICKS, E.A., 1976. Variación estacional en la concentración de elementos metálicos en ostiones de la Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis Profesional, Facultad de Química. UNAM. México, 50 p.

HODSON, P., 1988. The effect of metal metabolism on uptake, disposition and toxicity in fish. *Aquatic Toxicology*, 11, p. 3-18.

IBARRA R, G. HALFFTER, Y. BUSTAMANTE, F. DE LA CHICA y A. OCHOA, 1973. Contaminación por metales pesados en el Río Coatzacoalcos (primeros resultados). *Acta Politécnica Mexicana* 14: 129-140.

INEGI, 1982. Carta Uso del Suelo y Vegetación. 1: 250 000, Juchitán E15-10 D15-1. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.

INEGI (Ed.), 1990. Resultados preliminares. XI Censo General de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, D.F., 285 p.

INIREB, 1981. Manual para la determinación de metales pesados en muestras ambientales. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver. México.

IPCS, 1984. 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D). International Programme on Chemical Safety. *Environmental Health Criteria* 29: 25-41. Ginebra.

IPCS, 1986a. Organophosphorus Insecticides: A general introduction. International Programme on Chemical Safety. *Environmental Health Criteria* 63: 30-55. Ginebra.

IPCS, 1986b. Carbamate Pesticides: A general introduction. *Environmental Health Criteria*. International Programme on Chemical Safety. Ginebra.

IPCS, 1989a. *Environmental Health Criteria* 83: DDT and its derivatives environmental aspects. International Programme on Chemical Safety. Ginebra. 100p.

IPCS, 1989b. 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D). *Environmental aspects*. International Programme on Chemical Safety. *Environmental Health Criteria* 84: 9-17. Ginebra.

IPCS, 1991. *Environmental Health Criteria for Cadmium-Environmental aspects*. Programme on Chemical Safety. Task Group Draft, May 1991. PCS/EHC/91.14. UNEP. 100 p.

JAÚREGUI, E.O., 1984. El clima de Salina Cruz, Oax., p. 121-36. En: El puerto industrial de Salina Cruz, Oax. Seminario Franco-Mexicano, julio, 1982. Instituto de Geografía, UNAM. Centro de Investigaciones y Documentaciones de América Latina (CREDAL-CNRS), México, D.F., 186 p.

LANKFORD, R. R., 1977. Coastal lagoons of Mexico, their origin and classification, p. 182-215. En: Cronin, L. E. (Ed.). *Estuarine processes, circulation, sediments, and transfer of material in the estuary*. Academic Press Inc. Nueva York.

LARA-DOMINGUEZ A., A. YÁÑEZ-ARANCIBIA, G. VILLALOBOS y E. RIVERA, 1991. Hábitat crítico: teoría y concepto de ecología funcional en la zona costera. *Jaina* 2(2):10.

LEFF, E., 1986. *Ecología y Capital: hacia una perspectiva ambiental de desarrollo*. UNAM. México, p. 15.

LIVINGSTON, R.J., 1977. Review of Current Literature Concerning the Acute and Chronic Effects of Pesticides on Aquatic Organisms. *CRC Critical Reviews in Environmental Control*. p. 325-351.

- LOERA, R. y L.A. ALBERT, 1990. La contaminación y el desarrollo de los plaguicidas sintéticos, Cap. 1: 21-30. En: Albert, L.A. (Coord.) Los plaguicidas, el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., 331 p.
- LÓPEZ, B. J., 1988. La cuenca hidrográfica como unidad espacial para el manejo integral de los recursos naturales (ideas para el establecimiento de una metodología). Geografía y Desarrollo Vol. 1(2): 27-36.
- LYDY, M.J., T.W. LOHNER y S.W. FISHER, 1990. Influence of pH, temperature and sediment type on the toxicity, accumulation and degradation of parathion in aquatic systems. *Aquatic Toxicology*, 17:27-44.
- MOSSER, J.L., N.S. FISHER y C.F. WURSTER, 1972. Polychlorinated biphenyls and DDT alterations of species composition in mixed culture of algae. *Science* Vol. 176: 533-535.
- MULLA, M.S., G. MAJORI y A.A. ARATA., 1979. Impact of biological and chemical mosquito control agents on nontarget biota in aquatic ecosystems. *Residue Reviews*, 71: 121-173.
- MULLA, M.S. y L.S., MIAN, 1981. Biological and environmental impacts of the insecticides malathion and parathion on nontarget biota in aquatic ecosystems. *Residue Reviews*, 78: 101-135.
- MURDOCK, P.G., C.S. FORD, A.E. HUDSON, R. KENNEDY, L.W. SIMMONS y J.W.M. WHITING, 1954. Gufa para la clasificación de los datos culturales. Inst. Nac. de Guatemala, Oficina de Cienc. Soc. de la Unión Panam. Washington, D.C., 248 p.
- NÚÑEZ, E.O., 1973. Concentración de DDT en *Chione californiensis* de la parte norte del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, Vol. 2(1):6-13.
- ODUM, E.P., 1985. Ecología. Ed. Interamericana. México, D.F. p. 388-400.
- ODUM, W.E., C.C. McIVOR y T.J. SMITH, III., 1982. The ecology of the mangroves of south Florida: a community profile. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C. FWS/OBS-81/24 144 p.
- OLIVEIRA R.F., C. LAMPARELLI y D. ORGLER, 1990. Manglares e impacto ambiental. *Jaina* 1(2):14-15.
- ORTIZ, A., 1985. Tecnologías pesqueras en el trópico húmedo de México. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., 146 p.
- ORTIZ-GALLARZA, S.M. y M.R., GARCÍA. (en prensa). Contribución al conocimiento de las condiciones hidrológicas de la Laguna Superior, Oaxaca, México. Dirección General de Oceanografía Naval/Secretaría de Marina/Dirección General de Prevención de la Contaminación Marina. México.
- OSUNA-LÓPEZ, J., F. PÁEZ-OSUNA, C. MARMOLEJO-RIVAS y P. ORTEGA-ROMERO, 1989. Metales pesados disueltos y particulados en el puerto de Mazatlán. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 16/2, pp. 307-320.
- PÁEZ-OSUNA, F., A. V. BOTELLO y S. VILLANUEVA, 1986. Heavy metals in Coatzacoalcos Estuary and Ostion Lagoon, Mexico. *Mar. Pollution Bull.* 11, pp. 516-519.

PÁEZ-OSUNA, F., D. VALDÉS LOZANO, H.M. ALEXANDER, H. FERNANDEZ PÉREZ e I. OSUNA LOPEZ, 1987. Níquel y plomo en las fracciones disuelta y particulada del sistema fluvio-lagunar de Términos, Campeche, México, An. Centro Cien. Mar y Limnol. 14(1): 79-86.

PATIN, S.A., 1982. Pollution and the biological resources of the ocean. Butter Worth Scientific, 47 p.

PEMEX (Ed), 1986. Evaluación de hidrocarburos y metales pesados: costa occidental de la Península de Baja California, 1983-1984; ATLAS. Petróleos Mexicanos. Convenio "Estudio sistemático de la zona económica exclusiva de México" UNAM/CONACYT/PEMEX-IMP.GPTA-E-003/86, 149 p. México.

PEMEX, 1989. Anuario estadístico de 1988. Petróleos Mexicanos. 154 p. México.

PEMEX (Ed), 1988. Biodegradación microbiana del petróleo en ecosistemas acuáticos. Petróleos Mexicanos, Subdirección Técnica Administrativa; Coordinación Ejecutiva para el Desarrollo de las Zonas Petroleras; Gerencia de Coordinación y Control de Protección Ambiental, 71 p. México.

PÉREZ-ZAPATA A., 1981. Plomo y Mercurio, p. 58-61 En: CECODES (Ed), Lagunas costeras de Tabasco: un ecosistema en peligro. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F.

PÉREZ A.J., I. DE LEON y A.M. GIL, 1983. Determinación cuantitativa de plomo en peces del estuario del Río Coatzacoalcos, Anales ENCB-IPN 28, p. 193-197.

PIMENTEL, D., D. ANDOW, R. DYSON-HUDSON, D. GALLAHAN, S. JACOBSON, M. IRISH, S. KREOP, A. MOSS, I. SCHREINER, M. SHEPARD, T. THOMPSON y B. VINZANT, 1980. Environmental and social costs of pesticides: A preliminary assessment. Oikos 34: 126-140.

PONCE, V. M.G., 1988. Evaluación de metales pesados en sedimentos recientes y tejidos de ostión *Crassostrea virginica* (Omelin, 1791) de la Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM, México, 70 p.

POTHULURI, J.V., J.A. HINSON y C.E. CERNIGLIA, 1991. Propanil: Toxicological characteristics, metabolism, and biodegradation potential in soil. J. Environ. Qual. 20:330-347.

RENDON von OSTEN, J., 1990. Los insecticidas organoclorados. Cap. 10: 99-120. En: Albert, L.A. (Coord.). Los plaguicidas, el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., 331 p.

REUTERGÅRDH, L., 1980. Chlorinated hydrocarbons in estuaries, p. 349-365. En: Olausson, E. e I. Cato, (Eds.). Chemistry and Biochemistry of Estuaries. J. Wiley and Sons. Nueva York, 450 p.

REYNOSO, N. H. y A. JORAJURIA, 1988. Distribución de metales pesados en la costa occidental de la Península de Baja California, usando *Mytilus californianus* como organismos centinelas. Ciencias Marinas 14(4): 101-116.

RIVIÈRE, H. y M.F. PRÉVOT-SCHAPIRA, 1984. Las inversiones públicas y la región: El Istmo de Oaxaca, p. 137-170. En: El puerto industrial de Salina Cruz, Oax. Seminario Franco-Mexicano, julio, 1982. Instituto de Geografía, UNAM. Centro de Investigaciones y Documentaciones de América Latina (CREDAL-CNRS), México, D.F., 186 p.

ROJAS GALAVIZ, J.L., F. VERA HERRERA, A. YÁÑEZ-ARANCIBIA y J.W. DAY, Jr., 1990. Estuarine primary producers: The Terminos Lagoon a Case Study. En: Seeliger U. (Ed.) Coastal Plant Communities in Latin America. Academic Press Inc. Nueva York. (en prensa).

ROJAS-SORIANO, R., 1991. Guía para realizar investigaciones sociales, p. 121-160. Textos Universitarios. UNAM. Plaza y Valdés, Octava Edición, México, D.F., 286 p.

ROSALES-HOZ, M.T.L., 1979. Sobre la dispersión de compuestos organoclorados en el medio ambiente marino: Nota Científica. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 6(1): 33-36.

ROSALES-HOZ, M.T.L. y R. ALVAREZ, 1979. Niveles actuales de hidrocarburos organoclorados en sedimentos de lagunas litorales del Golfo de México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 6(2): 1-6.

ROSALES-HOZ, M.T.L., A.V. BOTELLO, H. BRAVO y E.F. MANDELLI, 1979. PCB's and organochlorine insecticides in oysters from coastal lagoons of the Gulf of Mexico, México. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 21(4): 652-655.

ROSAS, P.I., A. BÁEZ y R. BELMONT, 1983. Oyster (*Crassostrea virginica*) as indicador of heavy metals pollution in some lagoons of the Gulf of Mexico. Water, Air and Soil Pollut. 20: 127-135.

ROSAS, I., M.E., CARBAJAL, S. GOMEZ-ARROLLO, R. BELMONT y R. VILLALOBOS-PIETRINI, 1984. Cytogenetic effects of cadmium accumulation on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Environmental Research 33:386-395.

RUEDA, S.U. y M. RUEDA J., 1988. Juchitán un pueblo típico zapoteca. Editorial del Magisterio México. 213 p.

SAHOP, 1981. Análisis de diagnóstico y niveles de protección para el ecoplán del puerto industrial de Salina Cruz, Oaxaca. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. Síntesis Informativa, 7 p. México.

SAHOP, 1982. Ecoplán del puerto industrial de Salina Cruz, Oax. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. Síntesis Informativa, 10 p.

SALAZAR, S., G. DÍAZ-GONZÁLEZ y A.V. BOTELLO, 1991. Presence of aliphatic and polycyclic aromatic hidrocarbons in the atmosphere of Northwestern Mexico City, Mexico. Bull. Environ. Contam. Toxicol. (46): 690-696.

SAMIULLAH, Y., 1985. Biological effects of marine oil pollution. Oil & Petrochemical Pollution 2: 235-264.

SECRETARIA DE MARINA, 1986. Estudio Climatológico de la Laguna Superior, Oaxaca. Dirección General de Oceanografía. Dir. Hidrografía. Depto. Meteorol. Marit., México, D.F., 15 p.

SECRETARIA DE MARINA, SECRETARIA DE PESCA, PETROLEOS MEXICANOS, INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO, 1982. Resúmenes del Simposio Internacional IXTOC-I, México, D.F., 2-5 de junio 1982. Programa Coordinado de Estudios Ecológicos en la Sonda de Campeche. México, D.F., 138 p.

SEDUE, 1986. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Serie: Normatividad ecológica No. 4. 40 p. México.

- SEP y SEPESCA, 1986. Obreros del Mar. Los pescadores de México. Serie Testimonios I. Subsecretaría de Cultura de la Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Pesca, México, D.F., 113 p.
- SEPESCA, 1985. Programa de Pesca Ribereña. Secretaría de Pesca. México, D.F., 30 p.
- SEPESCA, 1990. Bases para el ordenamiento costero-pesquero de Oaxaca y Chiapas. (Aspectos Generales). Secretaría de Pesca. México, D.F., 219 p.
- SMITH, T.M. y G.W. STRATTON, 1986. Effects of synthetic pyrethroid insecticides on nontargeted organisms. *Residue Reviews*, 97: 93-120.
- SRH (Ed.), 1976. Atlas del agua de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México, D.F., 246 p.
- STRAHLER, A.N., 1979. Geografía Física. Ediciones Omega. Cap. 25: 449-475. México, D.F.
- STEWART, N.E., R.E. MILEMANN y W.P. BREEZE, 1967. Acute toxicity of the insecticide Sevin and its hydrolytic product 1-naphthol to some marine organisms. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 96: 25-48.
- SUÁREZ-VIDAL, C.E. y M. ACOSTA RUIZ, 1973. Distribución de las concentraciones de DDT en mejillón (*Mytilus californianus*) en la parte noroccidental de Baja California. *Ciencias Marinas*. Vol. 3(2): 1-7.
- SUÁREZ, C. y M. ACOSTA, 1976. Distribución de cobre y zinc en mejillón (*Mytilus californianus*), en la parte noroccidental de la Baja California. *Ciencias Marinas* Vol. 3(2): 18-23.
- TAMAYO, J.L., 1949. Geografía General de México. 2 Vols. Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F., 583 p.
- TOLEDO, A. (Coord.), 1985. Petróleo y ecodesarrollo en el sureste de México. Centro de Ecodesarrollo. México, D.F., 253 p.
- TOOBY, T.E., P.A. HURSEY y J.S. ALABASTER, 1975. The acute toxicity of 102 pesticides and miscellaneous substances to fish. *Chemistry and Industry*, 21:523-526.
- UNEP, 1990. List of Selected Environmentally Harmful Chemical Substances and Phenomena of Global Significance, Report of the Executive Director (UNEP/GC.14/19) of the United Nations Environment Programme. Geneva.
- VÁZQUEZ, F., G. AGUILERA. D. DELGADO y A. MÁRQUEZ, 1990. Trace and heavy metals in the oyster *Crassostrea virginica*, San Andres Lagoon, Tamaulipas, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 45:907-914.
- VÁZQUEZ, F., M. SÁNCHEZ, H. ALEXANDER y D. DELGADO, 1991. Distribution of Ni, V, and petroleum hydrocarbons in recent sediments from the Veracruz Coast, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 46:774-781.
- VILLANUEVA, F. S., 1987. Evaluación de metales pesados en sedimentos y organismos del Río Coatzacoalcos y áreas adyacentes, Veracruz, México. Tesis Profesional. ENEP-Zaragoza. UNAM. México, 82 p.
- VILLANUEVA, F. S., 1990. Evaluación de metales pesados en lagunas y ríos del Golfo de México y Caribe Mexicano: una recopilación. IV. 2., p. 30-48. En: Botello V. A. (Coord.) Impacto Ambiental de los hidrocarburos organoclorados y de microorganismos patógenos específicos en las lagunas costeras del Golfo de México. Informe Final 1989-1990. Proyecto OEA-CONACYT, UNAM, 69 p.

VIVEROS, A.D., 1985. Hidrocarburos, Cap. 18: 307-348. En: Albert, L.A. (Ed.), Curso Básico de Toxicología Ambiental. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver. México, 370 p.

VIVEROS, A.D., 1990. Los herbicidas orgánicos, Cap. 18: 195-211. En: Albert, L. (Coor.) Los plaguicidas el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., 331 p.

VIVEROS, A.D. y L.A. ALBERT, 1986. Optimización de un método para el análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y policlorobifenilos en sedimento. Rev. Soc. Quím. Mex. 30(6):386-389.

VOUTSINOU-TALIADOURI, F., 1981. Metal pollution in the Saronikos Gulf. Marine Pollution Bulletin, Vol. 12, No. 5: 161-168.

WALKLEY, A. y I.A. BLACK, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid filtration method. Soil Sci. 37: 29-30.

WAY, J.M., 1969. Toxicity and hazards to man, domestic animals, and wildlife from some community used auxin herbicides. Residue Reviews No. 26, pp. 37-62.

WILLIS, G.H. y L.L. McDOWELL, 1982. Pesticides in agricultural runoff and their effects on downstream water quality. Environmental Toxicology and Chemistry, 1:267-279.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., 1986. Ecología de la zona costera; Análisis de siete tópicos. A.G.T. Editor, S.A. México, D.F., pp. 11-48.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. y R. NUGENT, 1977. El papel ecológico de los peces en el estuario. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 4(1): 107-114.

YOUNG, D.R., D.J. McDERMOTTAND y T.C. HEESSEN. 1976. Aerial fallout of DDT in Southern California. Bull. Env. Con. & Tox. 16(5): 604-611.

ANEXO I

INFORMES Y DOCUMENTOS CONSULTADOS

"Programa para la evaluación del grado de contaminación por hidrocarburos del petróleo, en la parte norte de la Laguna Superior de Juchitán, Oaxaca." (Resultados parciales). Protocolo de investigación de la Subdirección de Planeación y Coordinación, de la Gerencia de Protección Ambiental de Petróleos Mexicanos. Febrero de 1983.

"Evaluación de la contaminación de esteros cercanos a la Laguna Superior, Oax., debido a la ruptura del amoniaducto en mayo de 1984." Informe G-8855 de la Subdirección de Tecnología de Refinación y Petroquímica, del Instituto Mexicano del Petróleo. Diciembre de 1984.

"Diagnósticos Ambientales sobre el oleoducto transistmico de 48" Nuevo Teapa, Ver.-Salina Cruz, Oax." Superintendencia General de Estudios de Impacto Ambiental de Petróleos Mexicanos.

"Determinación de parámetros físico-químicos en el Río Verde, Oaxaca, a raíz del derrame de diesel ocurrido el 2 de diciembre de 1984". Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía, Estación de Investigación Oceanográfica en Salina Cruz, Oax. Expediente XII/001-Z.

"Derrame de diesel sobre el canal Igú, Laguna Superior, Oax." Secretaría de Marina, Dirección General de Oceanografía, Estación de Investigación Oceanográfica en Salina Cruz, Oax. Informe EIOSC-003.

"Solicitud de indenminización realizada ante Petróleos Mexicanos, por concepto de daños a la pesca." Oficio signado por el Diputado Héctor Sánchez López 17/07/84.

"Situación que guardan diversos grupos de pescadores del área de Juchitán, Oax." Expediente GPTA-872/84, de la Gerencia Inmobiliaria y de Administración Patrimonial, Superintendencia General de Reclamaciones de Petróleos Mexicanos.

"Reclamación ante Petróleos Mexicanos por disminución pesquera en la Laguna Superior." Expediente 3-332-1127 de la Gerencia de Servicios Generales y Administración Patrimonial.

"Presiones del Grupo político COCEI-PSUM para incrementar beneficios económicos a los pescadores de Santa María Xadani." Expediente 830-77000-4-2173/84 de la Superintendencia de Servicios Técnicos Administrativos, Z.S. Petróleos Mexicanos.

"Información de estudios realizados con motivo del derrame de diesel en el Río Verde, Oax." Expediente GPTA-0369, de la Gerencia de Coordinación y Control de Protección Ambiental.

ANEXO II

TÉCNICAS ANALÍTICAS

PLAGUICIDAS

Preparación del Material

Todos los reactivos se purificaron hasta "nanogrado" para eliminar los contaminantes que pudieran interferir con los análisis. Asimismo, todos los disolventes grado reactivo (GR) fueron purificados a través de destilaciones sucesivas hasta grado plaguicida (GP). El material de cristalería fue lavado con etrán y enjuagado con agua corriente, agua destilada, acetona GR, hexano GR, acetona GP y hexano GP, en ese orden.

Toma y preparación de las muestras

Sedimentos

Las muestras de sedimento se tomaron con draga Pettersen y se colocaron en hielo para su transporte. Al llegar al laboratorio, las muestras se homogeneizaron, se guardaron en frascos ámbar con tapa de rosca y contratapa de teflón y se conservaron en congelación (-20°C), hasta su posterior análisis.

Organismos

Los organismos fueron colectados y colocados en hielo para su transporte. Posteriormente los organismos se identificaron taxonómicamente y se separaron por grupos de especies. De cada grupo se seleccionó el sustrato sobre el cual se harían las determinaciones, de acuerdo con la disponibilidad del material. Para ello se tomaron diez organismos de cada especie, los cuales fueron macerados individualmente con la ayuda de un procesador de alimentos. Finalmente el material fue colocado en frascos de vidrio con contratapa de teflón y conservado en congelación (-20°C), hasta su posterior análisis.

Extracción

Sedimentos

Las muestras se descongelaron y se homogenizaron con un equipo Omni-Mixer (OM), y se agruparon en series de cuatro muestras. Junto con cada una de las series se hizo un análisis blanco*, un duplicado** y un análisis de recuperación***. Los pasos principales que marca la técnica se enumeran a continuación:

- 1.- Colocar 10g del sedimento homogenizado en un frasco para OM, junto con 120 ml de acetona, y mezclar durante 15 minutos.
- 2.- Pasar el extracto a través de una capa de celita, colocada entre dos papeles filtro, utilizando un embudo Büchner y un matraz Kitazato.

* El análisis "blanco" se hizo para identificar posibles impurezas que, accidentalmente, se hubieran incorporado al análisis. Para ello se hizo pasar a los disolventes y reactivos, sin muestra, por todos los pasos de la técnica.

** El duplicado se efectuó para confirmar la reproducibilidad del método y consistió en efectuar dos determinaciones por separado de una misma muestra y estimar el porcentaje de duplicidad de los cromatogramas correspondientes.

*** El análisis de recuperación se realizó para determinar la eficiencia del método. Para esto, a una muestra de sedimentos libre de residuos se le agregó un mililitro de solución estándar de plaguicidas (beta HCH, heptacloro y o, p'-DDT en concentraciones de 2×10^{-8} g/ml). Posterior a la extracción y purificación correspondientes, el cromatograma de esta muestra se comparó con el realizado a la misma solución estándar inyectada directamente al cromatógrafo; el porcentaje de recuperación se obtuvo midiendo la altura de los picos en ambos cromatogramas y extrapolando el porcentaje de la muestra con respecto al estándar.

- 3.- Agregar a los residuos del frasco 40 ml de agua purificada y 120 ml de acetona.
- 4.- Repetir el paso 2.
- 5.- Transferir los residuos del sedimento al embudo, agregar dos porciones de 20 ml de acetona y filtrar totalmente.
- 6.- Pasar el extracto contenido en el matraz a un embudo de separación y agregar 60 ml de agua purificada. Añadir a esta mezcla 150 ml de hexano en dos porciones y desechar el agua de los lavados.
- 7.- Pasar los extractos hexánicos a través de una columna de vidrio empacada con 15 g de Na_2SO_4 anhidro, y recibir los extractos en un matraz de bola con boca esmerilada.
- 8.- Agregar 2 o 3 gotas de Keeper* y evaporar lentamente en un rotavapor, hasta que queden 2 o 3 ml del extracto. El baño maría del rotavapor no debe de exceder los 40°C.

Organismos

Una vez descongeladas, se tomaron tres muestras de cada especie para ser analizadas individualmente, mientras que las siete restantes se homogenizaron con un OM. De esta manera se manejó una serie de trabajo de cuatro muestras para cada especie; una de ellas -el homogenizado de siete organismos- pretende dar un promedio de la población, en tanto que las tres restantes intentan dar una idea de las variaciones individuales que puedan existir en ella. A cada una de las series se les agregó un blanco, un duplicado y un análisis de recuperación. Los pasos principales que marca la técnica se enumeran a continuación:

- 1.- Pesar 10 g de muestra, mezclar con 10 g de Na_2SO_4 anhidro y homogenizar.
- 2.- Agregar 150 ml de hexano y mezclar en OM durante 5 minutos. Decantar el hexano sobrenadante y pasarlo a través de dos papeles filtro colocados en un embudo Büchner.
- 3.- Repetir dos veces el paso 2, con 100 ml de hexano cada vez.
- 4.- Vertir la mezcla de extractos, a través de un tubo Butt con Na_2SO_4 , en un matraz de bola previamente tarado.
- 5.- Evaporar a sequedad en un rotavapor y volver a pesar nuevamente el matraz para obtener el peso de la grasa por diferencia.

Purificación

Sedimentos

1.- Pesar 30 g de florisil desactivado al 2%** y colocar en una columna cromatográfica de 28 mm de diámetro y 600 mm de largo. En la parte superior de la columna agregar Na_2SO_4 anhidro (3 cm de alto). Enjuagar la columna con 30 ml de hexano y desechar los lavados.

* Solución de tolueno al 1% en iso-octano

** La desactivación del florisil (al 2%) se lleva a cabo colocando 98 g del adsorbente y 2 ml de agua purificada en un recipiente, el cual se coloca en un homogenizador de rodillos por 24 hrs.

2.- Transferir el concentrado hexánico a la columna y permitir que éste penetre en la capa de Na_2SO_4 . Eluir con 200 ml de una mezcla de CL_2CH_2 -hexano 25:75 v/v y usar un matraz de bola para recibir el eluato.

3.- Agregar 2 o 3 gotas de Keeper y concentrar a sequedad en el rotavapor. Eluir los residuos con hexano y transferir a tubos de centrifuga graduados. Los eluatos se conservan a -20°C hasta su análisis por cromatografía.

Organismos

1.- Pesar 12 g de florisil desactivado al 2% y colocarlos en una columna cromatográfica de 28 mm de diámetro y 600 mm de largo.

2.- Eluir con 150 ml de CL_2CH_2 al 25 % en hexano y recibir el eluato en un matraz bola.

3.- Agregar Keeper y concentrar en el rotavapor. Transferir el extracto a tubos de centrifuga graduados.

Análisis cualitativo y cuantitativo

Los eluatos se analizaron con cromatografía gas-líquido (CGL), utilizando para ello un Cromatógrafo Varian Aerograph 3700 con dos detectores de captura de electrones con fuente radioactiva de ^{63}Ni ; graficador Varian Aerograph, modelo A-25; columnas de vidrio de 2 m de longitud y de 1/8 cm de diámetro interno; Gas Chrom Q malla 100/120 como soporte inerte; OV-101, OV-17, OV-210, SP-2250 y SP-2401 como fases estacionarias y nitrógeno de alta pureza como gas acarreador. Las condiciones de operación para la CGL se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Cromatografía gas-líquido. Condiciones de operación

Fase estacionaria, (%)*	Tc	Td	Ti	fN ₂	Vc
OV-210 (3.0 %)+ OV-17 (1.5 %)	180	243	208	24	2
OV-210	174	243	205	40	2
OV-101	158	248	208	35	2
SP-2250 (1.5 %) + SP-2401 (1.95 %)	168	248	208	30	2

Tc = Temperatura de columna, °C

Td = Temperatura del detector, °C

Ti = Temperatura del inyector, °C

fN₂ = Flujo de nitrógeno, ml/min.

Vc = Velocidad de la carta, cm/h

Para asignar una identidad preliminar a los picos obtenidos en los cromatogramas de las muestras se compararon sus tiempos de retención con los estándares conocidos. Esto se realizó comparando mezclas de estándares de los plaguicidas organoclorados más comunes en concentraciones de 2, 4 y 6 x 10⁻⁸ g/ml. En la Tabla 2 se muestra la composición de estas mezclas. La identidad de los picos se confirmó por el método de multicolumna, utilizando una fase estacionaria de diferente polaridad.

Tabla 2. Mezclas de estándares de plaguicidas organoclorados

Mezcla	Componentes
1	alfa-HCH, gamma-HCH, heptacloro, p,p'-DDE y dieldrín.
1	alfa-HCH, aldrín, heptacloro, endrín, p,p'-DDE y dieldrín.
3	beta-HCH, heptacloro, epóxido de heptacloro, endrín, p,p'-DDE, p,p'-DDT.
4	gamma-HCH, epóxido de heptacloro, aldrín, p,p'-DDE, p,p'-DDD y p,p'-DDT.
5	alfa-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, epóxido de heptacloro, dieldrín, endrín y p,p'-DDD.
6	HCB, clordano-alfa, clordano-gamma, o,p'-DDD y o,p'-DDT.
7	HCB, clordano-alfa, o,p'-DDE, o,p'-DDD, o,p'-DDT.

Para el análisis cuantitativo se compararon las alturas de los picos de la muestra contra los estándares específicos. Para ello fue necesario que las inyecciones se hicieran consecutivamente y que existiera una similitud de altura entre los picos mayor al 80%. La concentración de los plaguicidas encontrados se calculó, en ug/g (ppm), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{ug/g} = (\text{am}/\text{ae})(\text{Ve}/\text{Vm})(\text{C}/10.6)(\text{Vf}/\text{Pm})(\text{Atm}/\text{Ate})$$

En la cual:

am = altura del pico de la muestra, cm

ae = altura del pico del estándar, cm

Ve = volumen inyectado de la solución estándar, ul

C = concentración de la solución estándar, g/ml

Vm = volumen inyectado de a muestra, ul

10.6= constante para transformar g a ug

Vf = volumen final de dilución de la muestra, ml

Pm = peso de la muestra, g

Atm = atenuación del electrómetro para la muestra

Ate = atenuación del electrómetro para la solución estándar

HIDROCARBUROS

Preparación del Material

Para la preparación del material de cristalería, los reactivos y los disolventes utilizados, se siguieron las mismas recomendaciones apuntadas en la técnica de plaguicidas organoclorados.

Toma y preparación de las muestras

Sedimentos

La muestra húmeda se coloca en un recipiente y se seca en una estufa a 50°C durante 48 hrs. Una vez seca la muestra se muele en un mortero, cuidando de que la muestra no reabsorba agua.

Organismos

Para el análisis de hidrocarburos del petróleo en organismos se utilizaron las mismas muestras tomadas para plaguicidas organoclorados.

Extracción

Sedimentos

Todas las series se trabajaron con análisis en blanco y de recuperación. Ésta última sirvió como duplicado.

- Se pesa una submuestra de 30.0 g del sedimento seco y homogenizado y se coloca en un matraz de fondo redondo de 250 ml.
- Se agregan 100 ml de metanol, 3 g de KOH y cuerpos de ebullición.
- A una muestra del lote, tomada al azar, se le agregan 100 ml de la solución patrón de C-28.
- La muestra se lleva a reflujo durante 1 hora y 30 minutos contados a partir del momento en que se inicia la ebullición.
- En cada lote de muestras a analizar se debe incluir un blanco de reactivos el cual se somete al mismo procedimiento descrito para las muestras.
- Se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente y se transfiere la fase alcohólica a un embudo de separación de 250 ml con llave de teflón.
- Si el sedimento es muy fino, se decanta la fase alcohólica hasta donde sea posible, se le agregan 10 ml de metanol al matraz, se agita y se transfiere a un tubo de centrifuga. Se centrifuga durante 5 minutos y el sobrenadante se añade al embudo de separación (esta operación se repite las veces que sea necesario).
- Se agregan 25 ml de hexano al embudo, se agita durante dos minutos y se deja en reposo para que se separen las fases. Si se forma una emulsión, ésta se puede romper con la adición de 10 ml de agua.
- Se transfiere la fase orgánica, a un matraz erlenmeyer de 125 ml a través de un tubo bud con sulfato de sodio anhidro.
- Se repite la extracción con 25 ml de hexano. Se combinan las fases orgánicas.
- Se concentra aproximadamente a 0.5 ml empleando un rotavapor a 35°C, ó en baño maría a 60°C. Se transfiere cuantitativamente con la ayuda de una pipeta de Pasteur a un vial de 2 ml y se concentra a 0.2 ml utilizando una corriente de nitrógeno limpio y seco o un baño maría a 60°C.

Organismos

- Se pesan submuestras de 6 a 8 g en peso húmedo y se colocan frascos de 20 ml con tapa de rosca recubierta de teflón. Se le agrega 15 ml de NaCl 6N y a una de las submuestras se le adiciona 200 ml de la solución patrón de n-C28.
- Los frascos se cierran, se agitan durante dos minutos y se mantienen a 30°C por 18 horas.
- Cada mezcla se extrae 5 veces con 10 ml de éter etílico y se reciben los extractos en matraces Erlenmeyer de 100 ml. Se llevan a sequedad en un baño maría a 60°C (usar Keeper).

- La muestra se disuelve en hexano, se trasvasa a viales de 5 ml y se concentra a 1 ml.

Purificación

Sedimentos

- Se empaca una pipeta Pasteur provista con un tapón de lana de vidrio, con alúmina totalmente activada, hasta una altura de 5 cm (1.15 g); sobre esta se agrega 0.5 cm de sulfato de sodio anhidro.

- La columna se lava 3 veces con 2 ml de hexano. A partir de este momento no se debe permitir que la columna se seque.

- Se agrega cuidadosamente mediante pipeta Pasteur, a la parte superior de la columna, el extracto concentrado de la muestra y, a continuación, 3 lavados del vial con 0.5 ml de hexano.

- Se deja que el nivel de la disolución baje hasta la superficie del sulfato de sodio y se inicia el siguiente procedimiento de elución (la adición sucesiva de cada eluato se realiza una vez que el anterior alcanza la superficie de la columna)

ml de eluato	disolvente	fracciones
4	hexano	alcanos
4	hexano	-----
4	hexano-CH ₂ Cl ₂ 7:3	aromáticos
4	Cloruro de metileno	aromáticos

- Las fracciones se colectan por separado en viales de 10 ml y se llevan a sequedad usando un baño maría a 60°C (usar Keeper)

- Las fracciones se reconstituyen con 100 a 200 ml de hexano

Organismos

- Se empaca una columna de vidrio, de 50 cm y 1 cm de diámetro con llave de teflón, provista con un tapón de lana de vidrio. Se agrega 8 gramos de gel de sílice desactivado y 8 gramos de alumina desactivada y se golpea repetidamente con un soporte de goma. Se agregan 20 ml de hexano para el lavado.

- Una vez que el nivel del disolvente baje a la superficie de la alúmina se agrega la muestra reconstituida a 1 ml con hexano, junto con 3 enjuagues del vial (0.5 ml c/u).

- Se eluye de la siguiente forma:

ml de eluato	disolvente	fracciones
20	hexano	alcanos
20	hexano:CH ₂ Cl ₂ 9:1	aromáticos
40	hexano: CH ₂ Cl ₂ 8:2	aromáticos

- Las fracciones se llevan a sequedad en un baño maría a 60°C y se redisuelven en 200 ml de hexano.

Análisis cualitativo y cuantitativo

Los eluatos se analizaron con CGL, utilizando para ello un Cromatógrafo Varian Aerograph 3700 con detector de ionización de flama (FID); graficador Varian Aerograph, modelo A-25; Columna Capilar de 30 m x 0.31 mm, 0.52 mm de grosor de capa (sílice fundido fenilmetil silicona al 5%); Helio al 99.5% de pureza (1.5 ml/min.), como gas de acarreo; y Helio al 99.5% de pureza (28.5 ml/min), como gas auxiliar. Las condiciones de operación para la CGL se muestran en la Tabla 1.

Las condiciones del cromatógrafo se enuncian en la siguiente tabla.

CONDICIONES DE OPERACION DEL CROMATOGRAFO DE GASES

Temperatura del Inyector:		280C
Temperatura del Detector:		300C
Programa de Temperatura:	Temperatura inicial	60C
	Tiempo inicial	0.5 min.
	Rampa	6C/min.
	Temperatura final	20 min.
	Tiempo de purga	0.5 min.

METALES PESADOS

SEDIMENTOS

Los sedimentos, colectados con draga Petterson, fueron colocados en bolsas de plástico (enjuagados previamente con una solución de HNO₃ al 10%) y colocados en hieleras para su transporte al laboratorio.

Una vez en el laboratorio se secaron a una temperatura constante de 60°C, posteriormente se maceraron y homogeneizaron para pasarlas a través de un tamiz de abertura de malla de 250 u.

De la fracción fina se tomó 1 g y las muestras se colocaron en vasos de teflón. Se le agrega 15 ml de HNO₃ concentrado y se calentaron en una parrilla eléctrica a 60°C. Después de que el HNO₃ hirvió, se agregaron 10 ml de HClO₄, hasta que se formara una pasta húmeda de color grisáceo o blanquesina. En ocasiones fue necesario continuar la digestión con más HClO₄.

Al precipitado blanco se le adicionó 10 ml de HF y se continuó calentando hasta que el residuo se disolvió. El contenido se transfirió a un matraz volumétrico de 100 ml y se aforó con agua destilada desionizada y se analizó en el espectrofotómetro de absorción atómica.

CARTA I

CONTEXTO REGIONAL DE ALGUNOS CONTAMINANTES Y SUS
IMPLICACIONES LOCALES EN LA LAGUNA SUPERIOR, OAXACA

ALTERACIONES AMBIENTALES ANTROPOGENICAS

UNIDAD GUIGUCHUNI- D.R. 19

SIMBOLOGIA

RASGOS GENERALES

LIMITE DE CUENCA



LIMITE DE SUBCUENCA



POBLACIONES



VIAS TERRESTRES



ACTIVIDAD AGRICOLA

MAIZ DE RIEGO



PASTIZAL (cultivado e inducido)



CAÑA DE AZUCAR (Riego)



AGRICULTURA DE TEMPORAL



AREAS ENLICITADAS



DRENAJE

NATURAL

DE RIEGO

VEGETACION

BOSQUE DE PIHO

SELVA BAJA CADUCIFOLIA

SELVA BAJA ESPINOSA

MANGLAR

SISTEMA DE DUCTOS "PEMEX"

CORREDOR NUEVO TEAPA-SALINA CRUZ

CNS

CORREDOR TRANSISMICO

CT

OLEODUCTO 300 Ø

1

OLEODUCTO 480 Ø

2

OLEODUCTO 100 Ø

3

PODODUCTO 100 Ø

4

AMONADUCTO 100 Ø

5

GAODUCTO 60 Ø

6

PRINCIPALES DERRAMES

(1982-1990)

LOCALIZACION

DERIVA

FECHA

TPO DE DUCTO

NUMERO DE BARRILES



LC

X

CO
CO
CO

F
D
NE

85 25

85 50

85 75

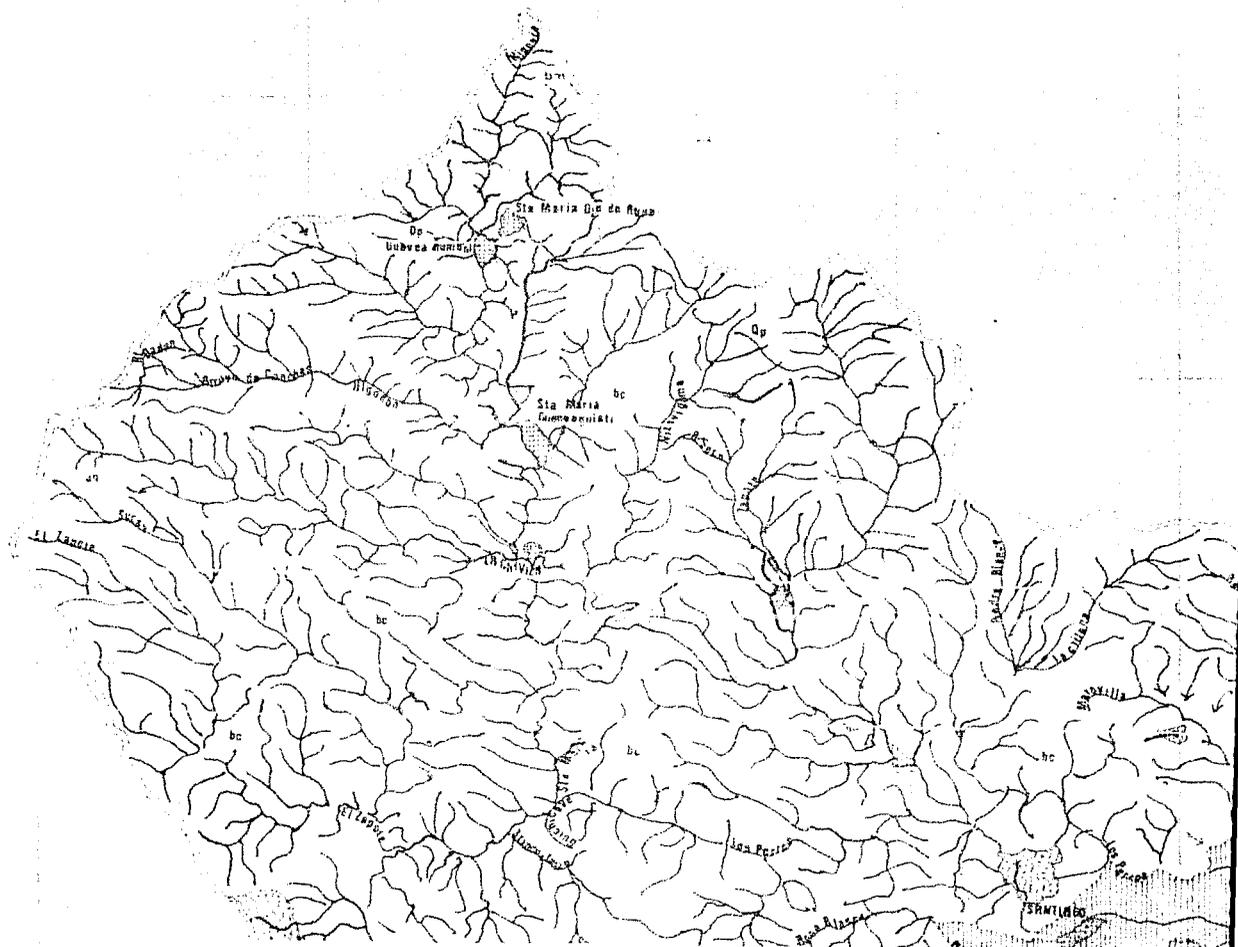
85 20

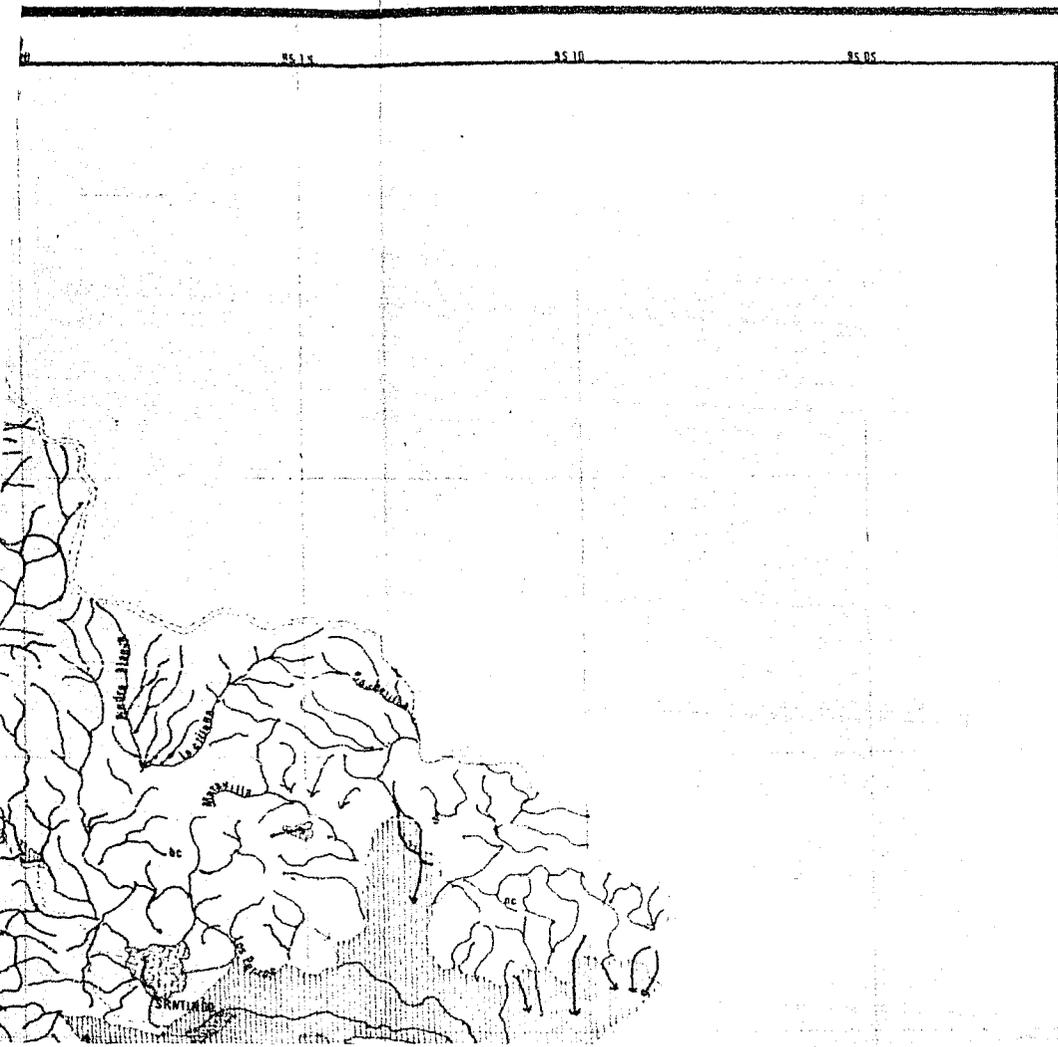
85 15

16 50

16 45

16 40





16 50

16 45

16 40

16 35

CARTA II

CONTEXTO REGIONAL DE ALGUNOS COM
 IMPLICACIONES LOCALES EN LA LAGUNA SI

ALTERACIONES AMBIENTA
 ANTROPOGENICAS

UNIDAD LOS PERROS

SIMBOLOGIA

RASGOS GENERALES

RASGOS GENERALES	ACTI
LIMITE DE CUENCA	DE TEN
LIMITE DE SUBCUENCA	PASTO
POBLACIONES	
VIAS TERRESTRES	

16 50

CARTA II

CONTEXTO REGIONAL DE ALGUNOS CONTAMINANTES Y SUS
 IMPLICACIONES LOCALES EN LA LAGUNA SUPERIOR, OAXACA

ALTERACIONES AMBIENTALES
 ANTROPOGENICAS

UNIDAD LOS PERROS

16 45

16 40

SIMBOLOGIA**RASGOS GENERALES**

LIMITE DE CUENCA

LIMITE DE SIENDEENCA

POBLACIONES

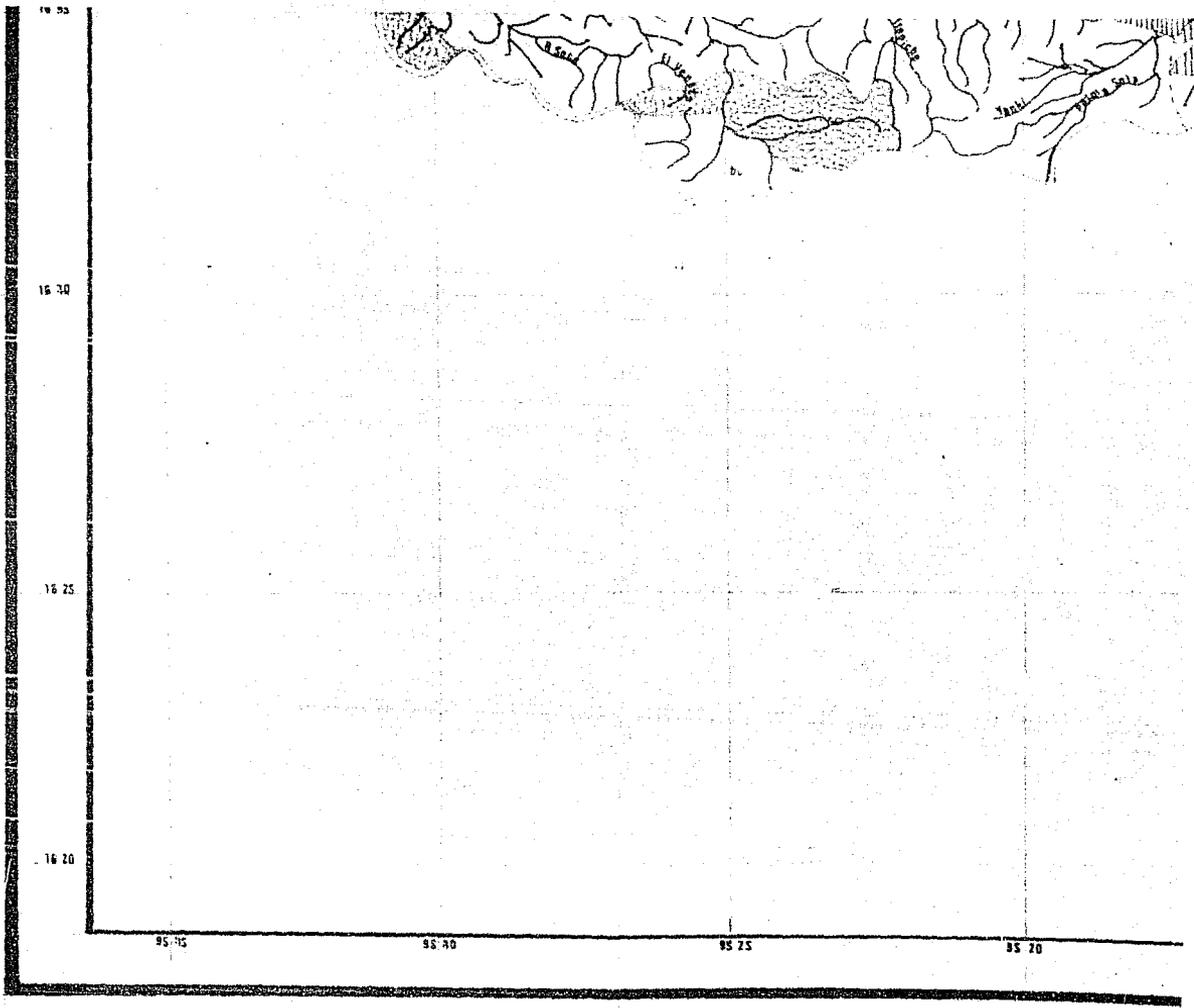
VIAS TERRESTRES

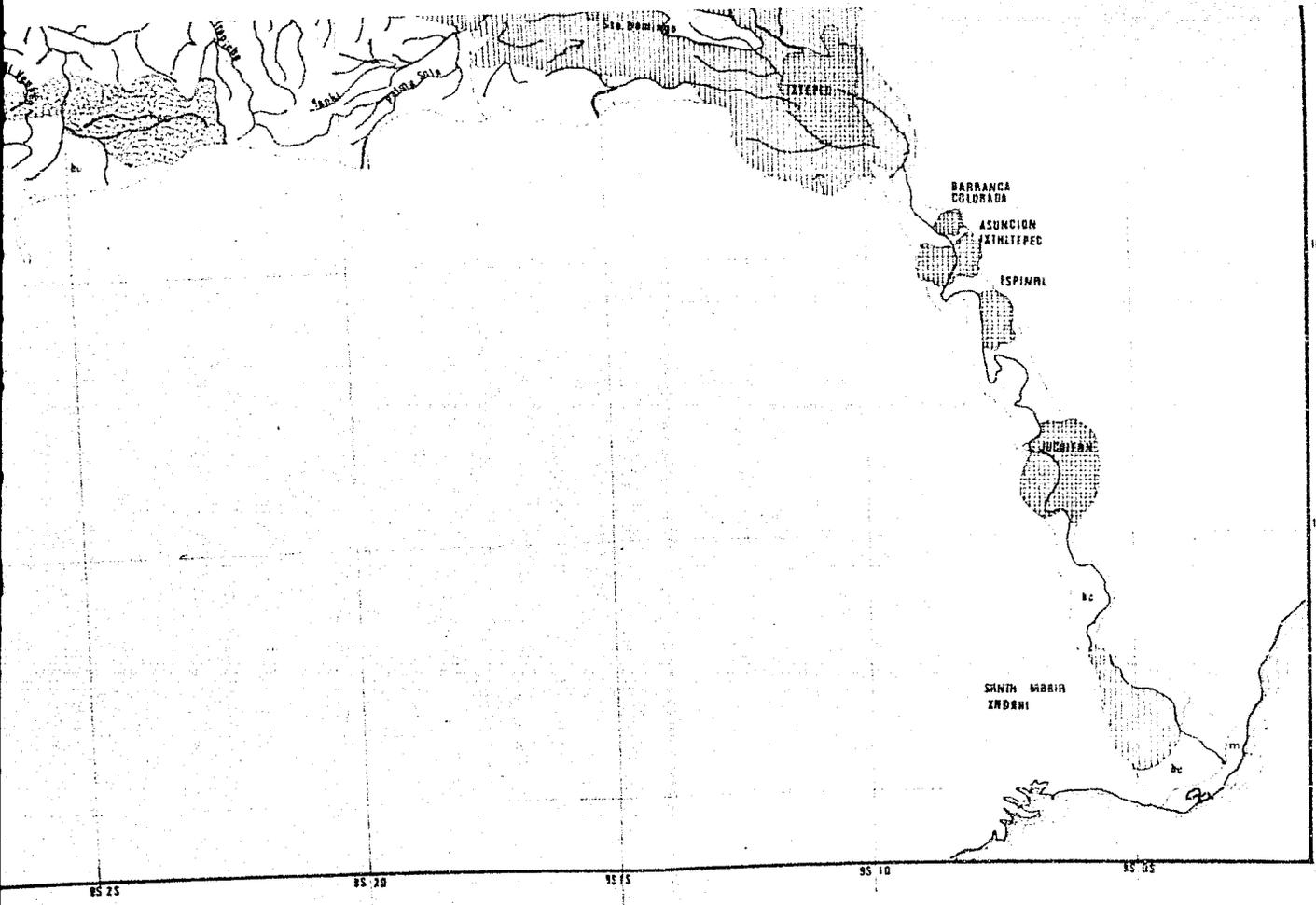
ACTIVIDAD AGRICOLA

DE TEMPORAL

PASTIZAL INDUCIDO

16 35





85 25

85 20

85 15

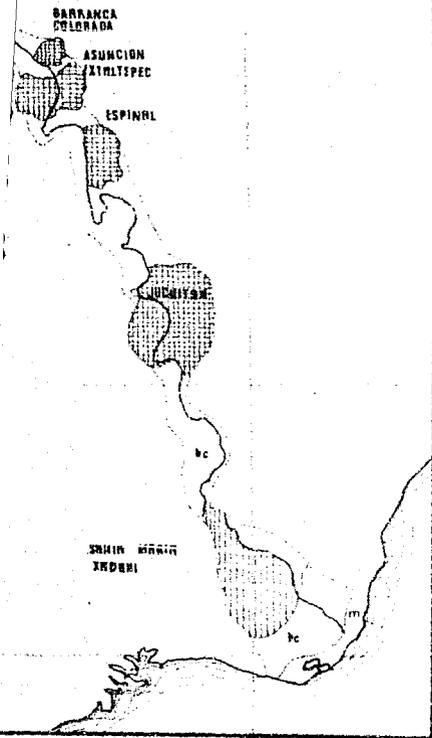
85 10

85 05

16 20

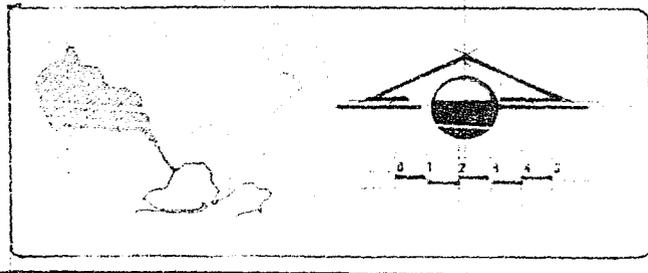
16 25

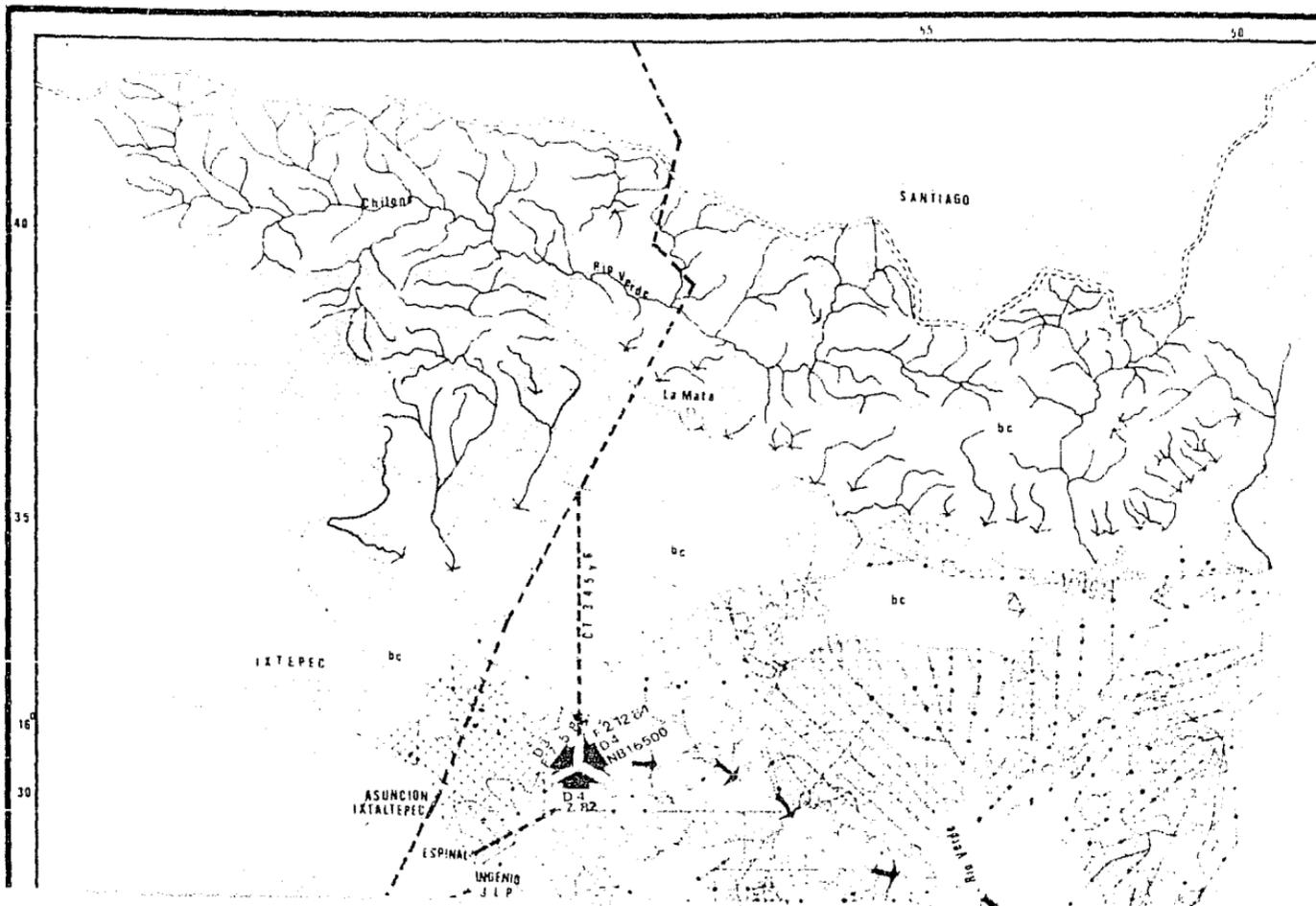
16 20

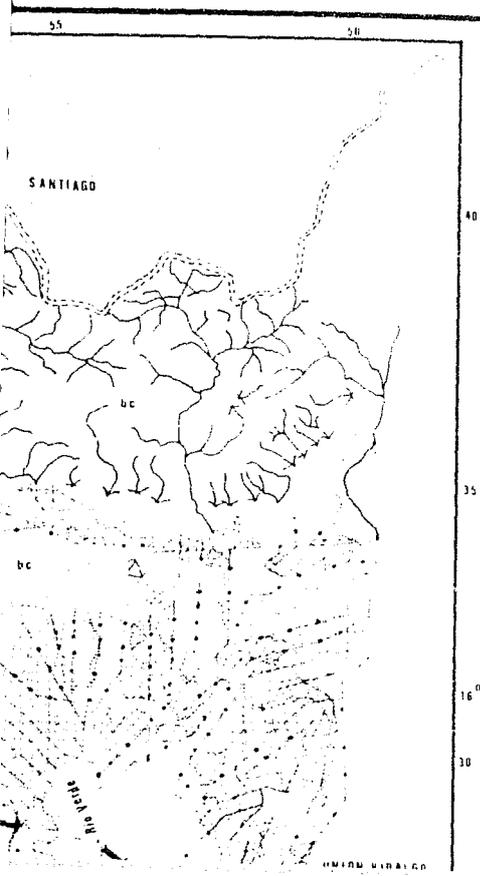


VEGETACION

BOSQUE MESQUITO DE MONTANA	bm
BOSQUE DE PINO ENCINO	op
BOSQUE DE PINO	bp
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	bc
SELVA BAJA ESPINOSA	be
MANGLAR	m







CARTA III
 CONTEXTO REGIONAL DE ALGUNOS CONTAMINANTES Y SUS
 IMPLICACIONES LOCALES EN LA LAGUNA SUPERIOR, OAXACA

**ALTERACIONES AMBIENTALES
 ANTROPOGENICAS**

UNIDAD CHILONA - D.R. 19

SIMBOLOGIA

RASGOS GENERALES

- límite de cuenca
- límite de subcuenca
- POBLACIONES
- VÍAS TERRESTRES

DRENAJE

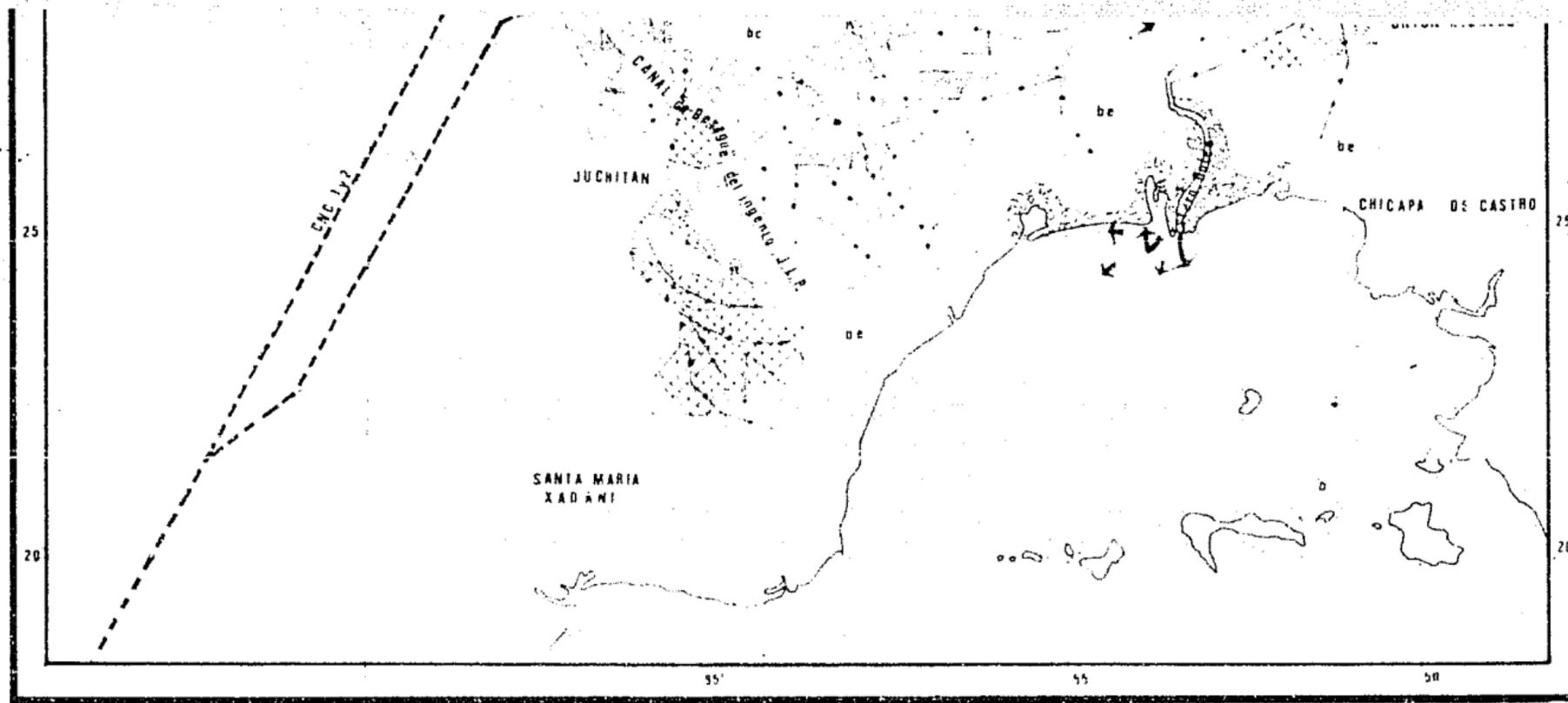
- NATURAL
- DE RINCO

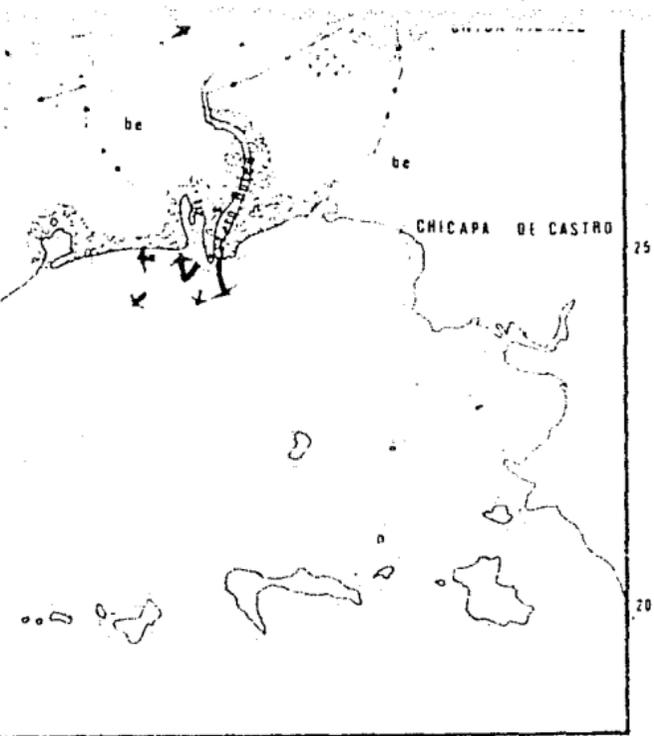
VEGETACION

- BOSQUE DE PINO
- SELVA BAJA CADUCIFOLIA
- SELVA BAJA ESPINOSA
- MANGLAR

ACTIVIDAD AGRICOLA

- MAIZ DE SECO
- PAJIZAL (cultivos e intercultivos)
- CAÑA DE AZÚCAR (regio)
- AGRICULTURA DE TEMPORAL
- ÁREAS EN MONTAÑA



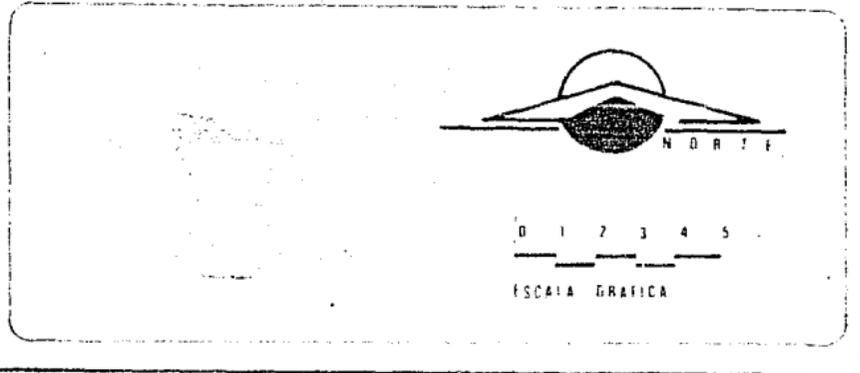


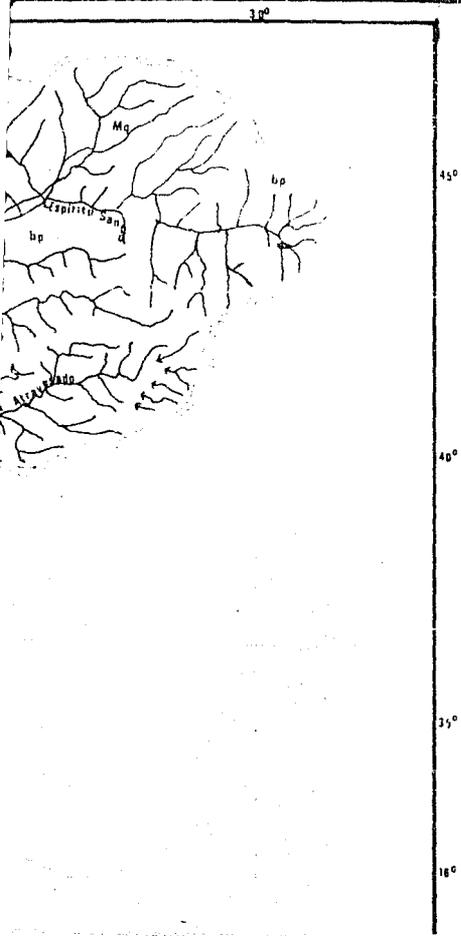
SISTEMA DE DUCTOS "PEMEX"

CORREDOR NUEVO TEAPA SANTA CRUZ	1100
CORREDOR MANANCIQUE	1200
OLEODUCTO 100 0	1
OLEODUCTO 400 0	2
OLEODUCTO 100 0	3
PRODUCCION 100 0	4
AMONARICTO 100 0	5
GASODUCTO 50 0	6

PRINCIPALES DERRAMES
(1989-1990)

- 1 LOCALIZACION
- 2 DERIVA
- 3 FECHA
- 4 LITROS DE DUCTO
- 5 NUMERO DE BARRILES





CARTA IV

CONTEXTO REGIONAL DE ALGUNOS CONTAMINANTES Y SUS IMPLICACIONES LOCALES EN LA LAGUNA SUPERIOR, OAXACA

ALTERACIONES AMBIENTALES ANTROPOGENICAS

UNIDAD CHICAPA

SIMBOLOGIA

RASGOS GENERALES

- LIMITE DE CUENCA
- LIMITE DE SUBCUENCA
- POBLACIONES
- VIAS TERRESTRES

DRENAJE

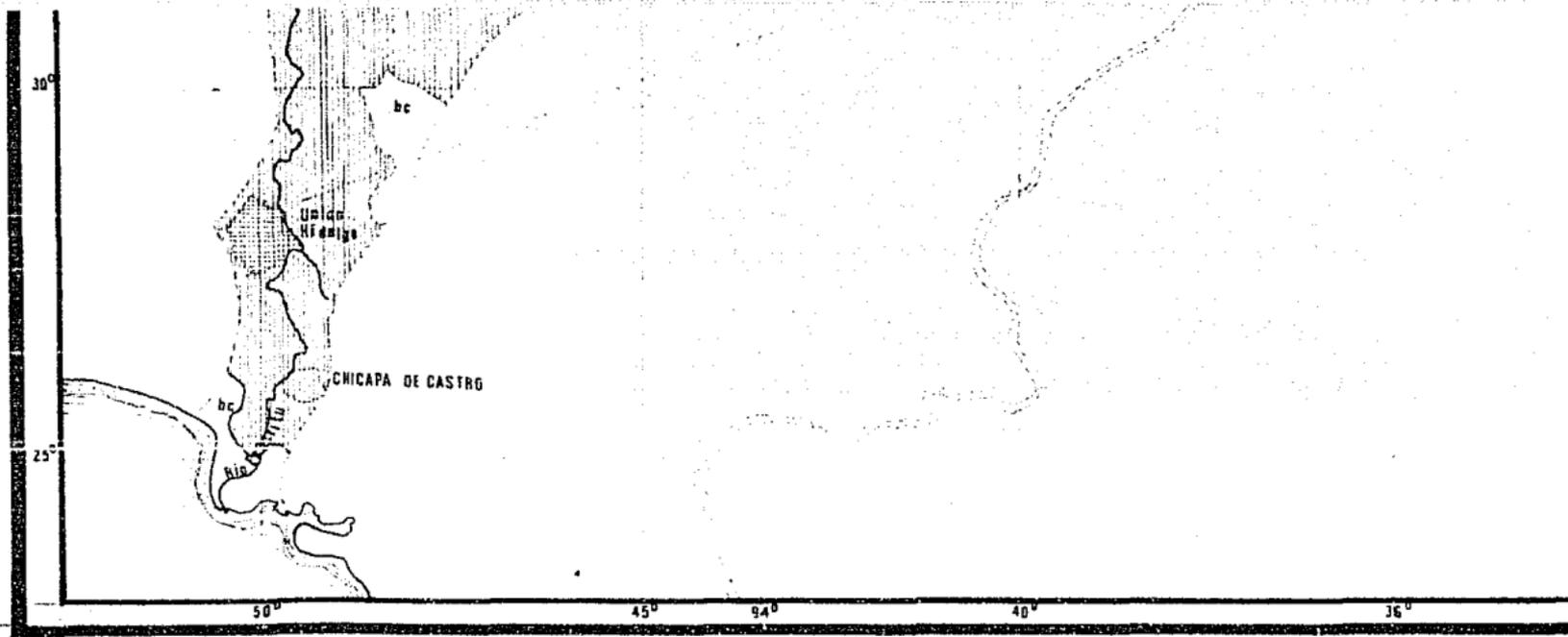
- NATURAL
- DE REGO

VEGETACION

- SELVA MEDIANA SUBPERENIFOLIA Mq
- BOSQUE DE PINO bp
- SELVA BAJA CADUCIFOLIA bc
- SELVA BAJA ESINOIDA br

ACTIVIDAD AGRICOLA

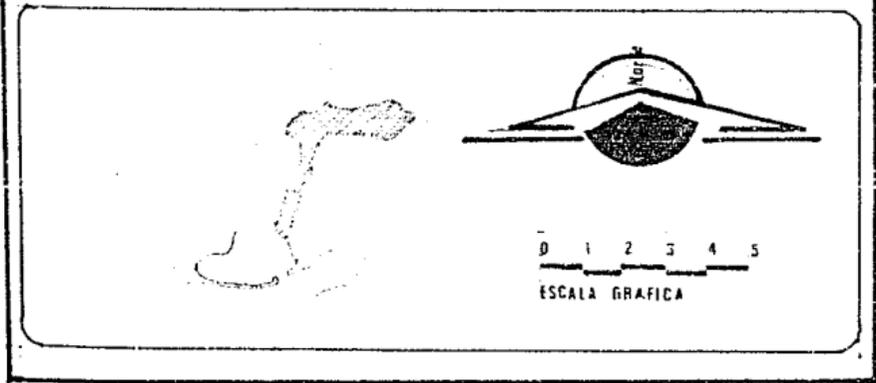
- DE TEMPORAL
- PASTIZAL INDUCIDO
- CAÑA DE AZUCAR (REGO)



10°

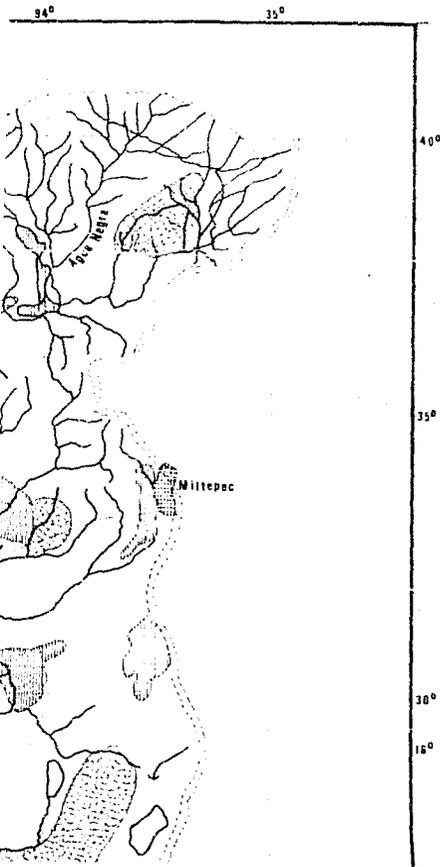
25°

20'



0 1 2 3 4 5

ESCALA GRAFICA



CARTA V

CONTEXTO REGIONAL DE ALGUNOS CONTAMINANTES Y SUS
IMPLICACIONES LOCALES EN LA LAGUNA SUPERIOR, OAXACA

ALTERACIONES AMBIENTALES
ANTROPOGENICAS

UNIDAD ESPANTAPERROS-SAN DIONISIO

SIMBOLOGIA

RASGOS GENERALES

LIMITE DE CUENCA



LIMITE DE SUBCUENCA



POBLACIONES



VEGETACION

BOSQUE DE PNO

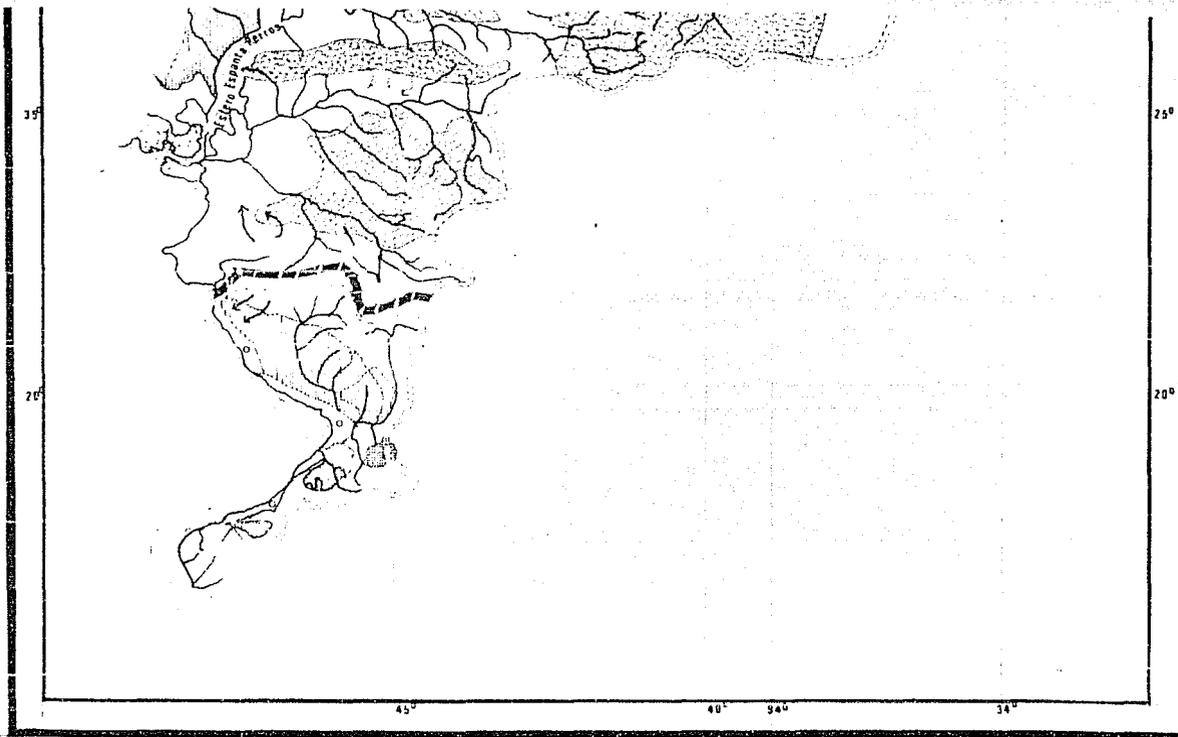
bp

SELVA BAJA ESPINOSA

be

SELVA BAJA CADUCIFOLIA

bc



25°

20°

14°

VÍAS TERRESTRES

DRENAJE

NATURAL

DE REGO

AREA SIN VEGETACION

ACTIVIDAD AGRICOLA

PASTIZAL INDUCIDO

DE TEMPORAL

