

# LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES EN EL ISTMO MEXICANO

Lorenzo M. Bozada Robles  
Fernando Bejarano González



**IPEN**<sup>®</sup>  
International POPs Elimination Network



## Acerca del Proyecto Internacional de Eliminación de los COP

La Red Internacional de Eliminación de los COP (IPEN por su sigla en inglés) inició el primero de mayo de 2004 un proyecto global con organismos no gubernamentales (ONG) denominado: Proyecto Internacional de Eliminación de los COP (IPEP, por su sigla en inglés), en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El Fondo para el Medio Ambiente Mundial proporcionó el financiamiento principal del proyecto.

*IPEP tiene tres objetivos principales:*

- Incentivar y capacitar a las ONG de 40 países en desarrollo y con economías en transición para que contribuyan de manera inmediata y específica a los esfuerzos gubernamentales preparatorios para la aplicación del Convenio de Estocolmo;
- Incrementar las habilidades y conocimientos de las ONG para reforzar su capacidad como actores efectivos en el proceso de aplicación del Convenio;
- Ayudar a establecer y desarrollar la coordinación y la capacidad regionales y nacionales de las ONG en todas partes del mundo, como forma de apoyar los esfuerzos a más largo plazo para alcanzar la seguridad química.

IPEP apoya la preparación de informes sobre la situación nacional, sitios contaminados, aspectos de política pública y actividades regionales. Los tres tipos principales de actividades que apoya IPEP son: participación en el Plan Nacional de Aplicación, talleres de capacitación, y campañas públicas de información y concientización.

*Para mayor información, ver : <http://www.ipen.org>*

IPEN reconoce el generoso apoyo financiero del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo y la Agencia Suiza para el Ambiente, el Bosque y el Paisaje.

Los puntos de vista expresados en este informe son los de los autores y no necesariamente los de las instituciones que brindan apoyo financiero o administrativo.

RAPAM agradece el apoyo general otorgado por New World Foundation

*Este informe está disponible en los idiomas siguientes: versión completa en español, resumen en inglés*

*Los Compuestos Orgánicos Persistentes en el Istmo. Lorenzo Bozada Robles y Fernando Bejarano González.*

Primera edición. Marzo 2006

Diseño: Leonel Reyes Rivera

Corrección de estilo: Graciela Carbonetto

Para obtener copias de esta publicación, comunicarse con:  
Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM)  
Amado Nervo 23, int, 2. Col. San Juanito,  
Texcoco, Edo. de México CP 56121. México  
Tel. (595) 95 4 77 44 . Correo electrónico: [rapam@prodigy.net.mx](mailto:rapam@prodigy.net.mx)

Impreso y hecho en México.

A Sonia Angélica.  
A mis hijos Oliva Montserrat, Daniela Lorena y Gabriel Ernesto.

L. M. Bozada Robles

A los trabajadores y comunidades de Coatzacoalcos  
Fernando Bejarano G.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Istmo Americana, A. C. de Coahuila de Coahuila por el respaldo académico proporcionado durante la estancia de L. M. Bozada Robles en la institución. Al Dr. Alfonso V. Botello y a la M. C. Guadalupe Ponce Vélez del Laboratorio de Química Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y al Dr. Gilberto Díaz González de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X), por los análisis de contaminantes orgánicos persistentes realizados en los camarones de los “tapos huaves (tülmbošch ikoot’s)” del Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec.

# ÍNDICE

Introducción / 7

1. Un acercamiento al Istmo mexicano / 9  
Los Nortes: la liga invisible del Istmo mexicano / 11

## INDUSTRIA PETROQUÍMICA Y GENERACIÓN DE COP EN EL ISTMO NORTE

2. El crecimiento petrolero y petroquímico del Istmo Norte y sus impactos / 14
3. Industria Petroquímica y generación de COP en el Istmo norte: Coatzacoalcos, Veracruz / 17
  - 3.1 Pemex y el Complejo Petroquímico de Pajaritos / 17
  - 3.2 La cadena productiva del monómero del cloruro de vinilo en Coatzacoalcos y la concentración del mercado del PVC en México / 22
4. El ciclo tóxico de la producción de policloruro de vinilo (PVC) / 24
  - 4.1 La producción de cloro / 26
  - 4.2 La producción del monómero de cloruro de vinilo / 31
  - 4.3 La polimerización y los aditivos al PVC / 36
  - 4.4 La disposición final de los productos desechados de PVC / 38
  - 4.5 La sustitución del PVC / 38
5. La incineración de residuos peligrosos en el Complejo Petroquímico Pajaritos / 39
6. El manejo de los desechos peligrosos hexaclorados y la impunidad ambiental en el Complejo Petroquímico de Pajaritos / 45
7. Contaminación de huevos de gallina por COP en las cercanías del Complejo Petroquímico de Pajaritos / 47
8. Evaluar los impactos sobre la salud, una tarea pendiente en la región de Coatzacoalcos / 51

## LOS COP EN EL ISTMO SUR

8. El Istmo sur: la visión ambiental del mundo mágico. / 56
9. Las regiones étnicas del Istmo de Tehuantepec / 56
10. Las pesquerías del Golfo de Tehuantepec y del Complejo Lagunar / 57
11. El desarrollo regional del Istmo de Tehuantepec / 58
12. El estado actual del Istmo de Tehuantepec / 60
13. Los impactos ambientales del Istmo Sur / 61
  - 13.1 La contaminación del Golfo de Tehuantepec / 61
  - 13.2 El Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec / 62
14. La camaronicultura tradicional huave (ikoot's) y la contaminación por COP / 66
15. La determinación de COP en tejidos de camarón de los tapos huaves (tiümbosch ikoot's) / 68

Conclusiones y Recomendaciones / 71

Literatura citada / 74

## Relación de cuadros

- Cuadro 1 La industria privada del Corredor Industrial de Coatzacoalcos / 15
- Cuadro 2 Etapas de desarrollo del Complejo Petroquímico Pajaritos / 19
- Cuadro 3 Accidente en la planta Clorados III / 20
- Cuadro 4 Contaminantes en el ciclo de vida del PVC / 25
- Cuadro 5 Metales pesados y compuestos orgánicos volátiles en sedimentos, cerca del Complejo Petroquímico Pajaritos / 30
- Cuadro 6 Valores límite para las emisiones de las plantas productoras de dicloroetano y/o cloruro de vinilo, establecidos por el Convenio de OSPAR / 33
- Cuadro 7 Resultados del protocolo de prueba para los incineradores I y II de Petroquímica Pajaritos / 42
- Cuadro 8 Límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera para instalaciones de incineración de residuos peligrosos / 43
- Cuadro 9 Niveles de COP en huevos, recolectados cerca del Complejo Petroquímico de Pajaritos, Coatzacoalcos, Veracruz, por gramo de grasa / 49
- Cuadro 10 Niveles de COP en huevos, recolectados cerca del Complejo Petroquímico de Pajaritos, Coatzacoalcos, Veracruz, por gramo de huevo fresco / 49
- Cuadro 11 Concentración de HAP totales en diferentes países / 64
- Cuadro 12 Niveles de contaminantes orgánicos persistentes (COP) en camarones de los tiulmbosch de la S.C.P.P. La Santa Rosa de San Francisco del Mar y Jaltepec de la Mar, Oaxaca. (valores en  $\text{ngg}^{-1}$  peso seco) / 68

## Relación de figuras

- Fig. 1. El Istmo mexicano / 9
- Fig. 2. Condiciones meteorológicas que producen un norte en el Istmo de Tehuantepec / 12
- Fig. 3. Diagrama de las plantas del Complejo Petroquímico Pajaritos 2002 / 19
- Fig. 4. Empresas que participan en la cadena productiva del monómero de cloruro de vinilo (MCV) en Petroquímica Pajaritos / 22
- Fig. 5. Diagrama simplificado de la producción de PVC / 25
- Fig. 6. Diagrama de bloques Planta Cloruro de Vinilo III, Complejo Petroquímico Pajaritos / 34
- Fig. 7. Simulación matemática de la dispersión de hidrocarburos volátiles,  $\text{NO}_x$  y CO emitidos por Pemex (Pajaritos) durante el verano / 50
- Fig. 8. La región de influencia directa e indirecta de las comunidades huaves (ikoots) y zapotecas (binnizá) / 57
- Fig. 9. El tiulmbosch o tapo huave (ikoot's) de estructura de troncos de cocos empleado entre 1984 y 90 / 66

## Relación de fotos

- Foto 1 Panorámica de la Terminal Marítima, Planta Criogénica y Complejo Petroquímico de Pajaritos, Coatzacoalcos, Veracruz. 2001 / 18
- Foto 2 Incinerador II, Complejo Petroquímico Pajaritos, 2002 / 44
- Foto 3 Incinerador actual, con la modernización de la planta Derivados Clorados III / 44

# INTRODUCCIÓN

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) es un acuerdo internacional que plantea una serie de medidas para reducir y eliminar doce contaminantes a nivel mundial que por sus características tóxicas, persistentes, bioacumulables y capaces de desplazarse a grandes distancias, constituyen una amenaza global. Los doce COP incluidos hasta el momento en el Convenio son: nueve plaguicidas organoclorados: aldrín, clordano, DDT, dieldrín, endrín, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex y toxafeno; un producto industrial, los policlorados bifenilos (PCB) usados principalmente como aceites aislantes en la industria eléctrica; y grupos de contaminantes generados de manera no intencional: dioxinas y furanos, principalmente. El Convenio establece además un mecanismo para añadir nuevas sustancias.

México al firmar y ratificar el Convenio de Estocolmo se comprometió a desarrollar un Plan Nacional de Aplicación que debe indicar la manera como se cumplirán los compromisos asumidos. Estos incluyen: la eliminación de los plaguicidas COP enlistados en el Convenio, aceptando algunas exenciones transitorias como la del DDT para el control del paludismo; terminar con la producción de PCB y realizar un inventario del equipo que aún los contenga para irlos eliminando hasta el año 2025. Otros compromisos comprenden el realizar un inventario de los COPs generados de manera no intencional (dioxinas y furanos principalmente) con el objetivo de lograr la reducción creciente de las liberaciones totales al medio ambiente y, cuando sea viable, eliminarlos de manera definitiva; exigir las Mejores Técnicas Disponibles para las nuevas fuentes generadoras de COP no intencionales, y promover las Mejores Prácticas ambientales para las fuentes actuales y nuevas.

El Convenio de Estocolmo establece que al examinar las propuestas de construcción de nuevas instalaciones o modificación importante de las existentes que produzcan COP no intencionales, se deben de considerar de manera prioritaria los procesos técnicos o prácticas de carácter alternativo que tengan similar utilidad y que eviten la formación y liberación de COP no intencionales; en este sentido se debe promover el desarrollo y exigir la utilización de materiales, productos y procesos sustitutivos o modificados, para evitar la formación y liberación de COP no intencionales (art. 5, inciso C y sección V). Los gobiernos se comprometen a la identificación de sitios altamente contaminados con COP y a tratar desechos de COP o artículos contaminados con ellos, de modo que no se generen nuevos COP. También indica que se deben realizar una serie de actividades para dar acceso público a la información sobre el impacto de los COP sobre el medio ambiente y la salud y sobre las alternativas a los COP; a considerar su inclusión en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC); a establecer programas de formación y concientización de los trabajadores, mujeres, niños y personas de bajos ingresos (art. 10); así como realizar actividades de investigación, desarrollo y monitoreo de los COP y sus alternativas (art. 11) ([www.pops.int](http://www.pops.int) ; Bejarano, 2005).

Los objetivos de la presente investigación están orientados a:

- ▶ Identificar y caracterizar en el Istmo mexicano las áreas altamente contaminadas por compuestos orgánicos persistentes (COP) incluidos en el Convenio de Estocolmo, poniendo énfasis en las fuentes industriales.
- ▶ Evaluar la liberación al medio ambiente de los COP plaguicidas incluidos en el Convenio de Estocolmo.
- ▶ Establecer una serie de recomendaciones para responder adecuadamente a la problemática del Istmo mexicano a fin de que se consideren en la elaboración del Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo.
- ▶ Comunicar a la población la información sobre los procesos generadores de COP no intencionales y los riesgos para la salud y el medio ambiente, mediante la difusión de esta publicación.

La primera parte de esta obra comienza con un breve repaso del crecimiento de la actividad petrolera y petroquímica del Istmo Norte, los impactos sociales y ambientales que ha causado, para profundizar en el análisis del ciclo tóxico de la producción del plástico policloruro de vinilo (PVC) en el Complejo Petroquímico de Pajaritos, donde se generan COP, especialmente dioxinas y furanos. Asimismo, se documentan las constantes multas impuestas a Pemex Petroquímica y a las empresas contratadas para el manejo de los desechos peligrosos generados en dicho complejo. Por último, se muestran los resultados de la contaminación por dioxinas de los huevos de gallina de traspatio en las cercanías del Complejo Petroquímico.

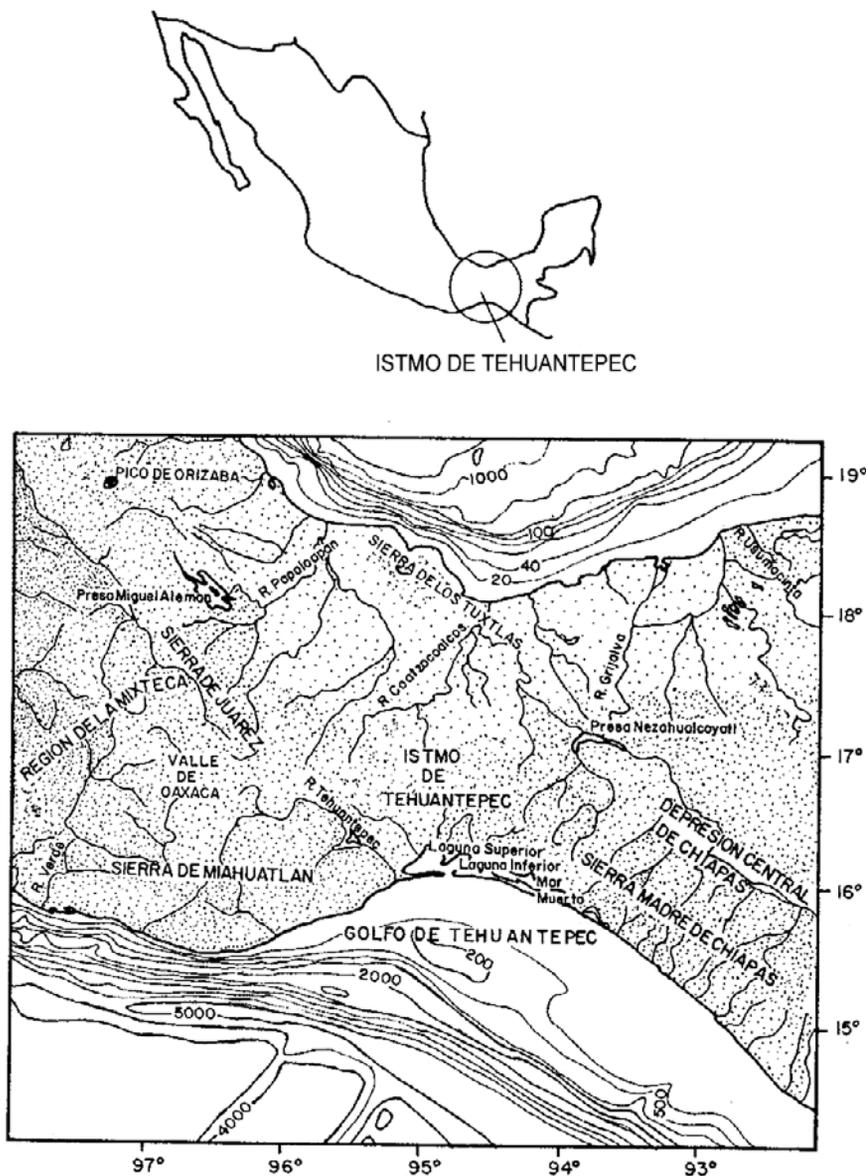
La segunda parte del informe está dedicada al Istmo Sur y en ella se presenta el desarrollo histórico de los proyectos hidroagrícolas en el Distrito de Riego 19 y la región huave (ikoot's) y la contaminación por COP en la Laguna Superior. También se incluyen las principales afectaciones ambientales de las actividades petroleras del Puerto de Salina Cruz y del Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec, la estructuración histórica de la camaricultura tradicional huave (ikoot's) y la determinación de las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y COP en los camarones cultivados en los "tapos" o "tiumlbosch huaves". Los resultados obtenidos constituyen una advertencia sobre el riesgo de contaminación para los planificadores que han promovido el establecimiento de parques camaronícolas industriales en la zona huave.

La primera parte del documento sobre los COP en el Istmo Norte fue realizada por Fernando Bejarano y Lorenzo Bozada, y la segunda parte por Lorenzo Bozada; discutiendo ambos las conclusiones y recomendaciones finales. La información presentada en el estudio de los COP del Istmo Norte, es el resultado de los testimonios de protagonistas en el manejo de los residuos peligrosos (hexaclorados) del Complejo Petroquímico Pajaritos y también de una amplia investigación documental tanto regional como nacional. La información que se presenta sobre el Istmo Sur, condensa los resultados de un intenso trabajo de investigación realizado por Lorenzo Bozada entre los años 2000-2005, efectuados con el apoyo del Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropológicos y Sociales (CIESAS)-Golfo y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

## 1. UN ACERCAMIENTO AL ISTMO MEXICANO

El Istmo mexicano es la parte más estrecha de la República Mexicana. Es una franja de tierra con litoral en el Golfo de México, por el norte, y con litoral en el Océano Pacífico, por el sur. Su localización en el extremo septentrional de la Provincia Biótica de Mesoamérica hace que sea una zona de refugio, de tránsito, y una barrera para múltiples especies de la flora del continente americano. Estas circunstancias hacen del Istmo mexicano una de las regiones de mayor complejidad en el mosaico ecológico de México (ver fig. 1).

Figura 1. El Istmo Mexicano



Fuente: Alejandro Toledo. "Geopolítica y Desarrollo en el Istmo de Tehuantepec". Centro de Ecología y Desarrollo. México, 1995, p. 16

Como espacio geográfico el Istmo posee una extensa historia que comienza en el umbral del siglo XVI, con la llegada de Hernán Cortés se inicia lo que será una larga serie de intervenciones orientadas a explotar su valor geoeconómico, resultado de su singular figura espacial que le confiere el potencial de unir dos grandes océanos, es decir, dos grandes vehículos para el comercio mundial (Rodríguez-Herrero, 2003, 2004).

Prevoôt-Schapira (1994) señaló que la conurbación Coatzacoalcos-Minatitlán se inserta en una zona de colonización tardía. Hasta los comienzos del siglo XIX, surgen las primeras tentativas de valorización de la región veracruzana del Istmo. La construcción del ferrocarril transístmico, el desarrollo de grandes latifundios de agricultura comercial y, por último, el descubrimiento de petróleo, cambiaron de manera radical la fisonomía y la organización económica y social de la zona, iniciándose en la década de los cincuenta, el proceso de desarrollo de lo que sería el polo industrial petroquímico más importante de la segunda mitad del siglo XX.

*En el istmo mexicano las políticas públicas han ignorado permanentemente los costos ambientales*

En el Istmo Sur (estado de Oaxaca) históricamente se han implementado proyectos de desarrollo regional que han fomentado la agricultura comercial y de plantaciones caracterizadas por emplear altos volúmenes de plaguicidas y fertilizantes, así como el funcionamiento de ingenios azucareros, la construcción de una extensa red de transporte (ductos, poliductos, ductos petroquímicos) y los sistemas de enlace construidos hacia la región Coatzacoalcos-Minatitlán y el desarrollo de un complejo portuario y petrolero en el puerto de Salina Cruz.

En el Istmo mexicano se presentan aspectos altamente contradictorios entre la riqueza de la biodiversidad y la profunda desigualdad social y la pobreza extrema. Esto es especialmente notorio en el Istmo Sur (Oaxaca) donde la población indígena (chontal, zapoteca (binnizá) y huaves (ikoot's), zoque y mixe )tiene una migración acentuada, antiguos problemas de tenencia de la tierra, un profundo rezago educativo en el sector básico, una pesquería de camarón marino en crisis y una pesquería de pequeña escala del camarón de estero con un rendimiento máximo cercano a una "sobrepesca de crecimiento", mientras que la milenaria camaronicultura tradicional ha desbordado la imaginación de las agencias nacionales e internacionales (Banco Mundial) para la implementación de una camaronicultura industrial desde 1996 en la región huave.

En ambas regiones se ha utilizado el DDT y otros plaguicidas para el control de vectores de enfermedades humanas, principalmente paludismo, adicionalmente se registran incendios forestales de grandes magnitudes en la Reserva de los Chimalapas y en los humedales de la región Coatzacoalcos-Minatitlán.

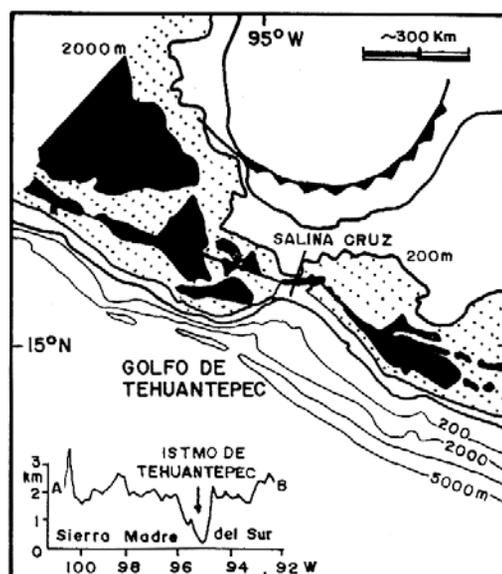
En el istmo mexicano las políticas públicas han ignorado permanentemente los costos ambientales. La producción petrolera y petroquímica ha sido y sigue siendo una actividad extraordinariamente dañina para el medio ambiente. Esta situación, sin embargo, no se toma en cuenta dada la política económica dominante, y ha sido la sociedad del Istmo, la que durante largos años ha cargado con la enorme deuda ambiental que generan las empresas públicas petroleras y petroquímicas, o lo que los economistas consideran como "externalidades" (Toledo, 1983, Rodríguez-Herrero, 2004, Bozada 2004, 2005).

### Los Nortes: La liga invisible del Istmo Mexicano

El Istmo Mexicano cuenta con una característica particular que hace que los contaminantes atmosféricos generados en el Golfo de México (Veracruz) sean transportados al sur hasta el Golfo de Tehuantepec (Oaxaca) a través de “los nortes”.

Lavin *et al.* (1992) y Gallegos (1994), constataron que los vientos procedentes del “norte” del Istmo de Tehuantepec, denominados vientos “tehuantepecanos” o “tehuanos” resultan de una combinación de condiciones meteorológicas de gran escala y de características topográficas locales. Durante el invierno se forman sobre Alaska y el noreste de Canadá centros de alta presión atmosférica llamados “anticiclones polares”, los cuales se desplazan hacia el sureste, y algunos llegan hasta el Golfo de México y la Bahía de Campeche, disipándose en pocos días (ver fig. 2). Esta masa de aire frío continental es retenida hacia el sur y el oeste por la Sierra Madre Oriental, la cual tiene una elevación media de 2000 metros sobre el nivel del mar. Pero en la parte central del Istmo de Tehuantepec la cadena montañosa se interrumpe en una franja de aproximadamente 40 Km. de ancho, donde la altura media de la sierra desciende abruptamente a 250 metros sobre el nivel del mar. Así, la organización orográfica forma un embudo y la meteorología establece una diferencia de presión atmosférica entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec. Esto hace que el aire sea forzado violentamente hacia el sur, a través del Istmo hasta el Golfo de Tehuantepec. El gradiente horizontal de presión atmosférica acelera energéticamente a la masa de aire a grado tal que en La Ventosa el viento alcanza velocidades sostenidas de 30 m/s y se llegan a medir ráfagas de hasta 50 m/s; con una duración media de dos a cuatro días, con vientos sostenidos de por lo menos 8 m/s, según la intensidad de los “nortes” que los produce. Consecuentemente, la frecuencia media mensual de los vientos “tehuanos” es igual a la de los “nortes” en el Golfo de México (Gallegos y Barberan, 1998).

Figura 2. Condiciones meteorológicas que producen un norte en el Istmo de Tehuantepec



Fuente: Lavín *et al.*, 1992

La velocidad media anual de los vientos en Salina Cruz es de  $6.9 \pm 4$  m /s y de  $11.2 \pm 6.8$  m /s en la Ventosa y la variación estacional de los vientos muestra una mayor intensidad durante el invierno, con máximos en diciembre y enero, que decrecen hacia el verano, con un mínimo en mayo, en la Ventosa, y en junio, en Salina Cruz (Romero–Centeno *et al.* 2003).

Dadas estas características geoclimáticas particulares del Istmo mexicano suponemos que el conjunto de contaminantes atmosféricos generados en los complejos petroquímicos del Istmo Norte y de otras fuentes urbanas e industriales (hidrocarburos aromáticos policíclicos, dioxinas, furanos, policlorobifenilos, metales pesados, éteres bifenilicos polibromados, entre otros) son transportados por los vientos del norte al Golfo de Tehuantepec, representando una problemática no evaluada en la actualidad.

# **Industria Petroquímica y generación de COP en el Istmo Norte**

## 2. El crecimiento petrolero y petroquímico en el Istmo Norte y sus impactos

El Istmo Norte se caracteriza porque en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, en el estado de Veracruz, se ha desarrollado uno de los polos petroleros y petroquímicos más importantes de México y de América Latina. El municipio de Coatzacoalcos forma parte de la Región Corredor Industrial Uxpanapa. La región comprende 12 municipios abarcando la extensión total de Minatitlán, Las Choapas, Jáltipan y los parques industriales (química y petroquímica) aledaños a Coatzacoalcos. En este corredor se ubican 7 de las 34 zonas urbanas más grandes del estado de Veracruz y el número de habitantes calculado para la zona es de aproximadamente 800.000 habitantes.

El delta del río Coatzacoalcos forma un sistema ecológico excepcionalmente rico en recursos naturales renovables que se ha degradado y deteriorado por las actividades ligadas a la explotación petrolera y petroquímica y al desordenado crecimiento industrial y urbano que se produjo en la región (Toledo, 1983, Toledo, 1995). La obras de exploración y refinación petrolera comenzaron en la región a principios del Siglo XX. Ingenieros al servicio de la compañía inglesa Pearson & Son iniciaron las obras exploratorias en busca de mantos petroleros, antes de concluir los trabajos del ferrocarril que unió al Golfo de México y al Océano Pacífico a través del Istmo de Tehuantepec y de los puertos comerciales de Coatzacoalcos y Salina Cruz que les habían sido encargados por el presidente Porfirio Díaz. Weetman Pearson fundó la compañía petrolera “El Aguila” y construyó en 1908 la refinería de Minatitlán, 40 km aguas arriba de la desembocadura del Río Coatzacoalcos (Toledo, 1995; Portal de Petroquímica PEMEX, 2004). Desde entonces, primero con la exploración de empresas extranjeras y después de 1938 con la empresa estatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) creada gracias a la expropiación petrolera efectuada por el presidente Lázaro Cárdenas, el bajo río Coatzacoalcos ha sufrido los impactos de los procesos de refinación y transporte de productos petroleros. Amplias zonas pantanosas aledañas a la refinería se utilizaron como trampas de desecho. Tal es el caso del estero de Santa Alejandrina, donde durante décadas se han vertido cantidades masivas de hidrocarburos. Además los accidentes, los descuidos en las tareas de carga y limpieza de buques o la descarga de las aguas de enfriamiento de la refinería de Minatitlán han creado en el bajo río Coatzacoalcos una zona fuertemente contaminada por una mezcla compleja de sustancias tóxicas (Toledo, 1983).

Al impacto de la exploración y refinación petrolera, se añade la actividad de la industria petroquímica. En la década de 1960, el complejo portuario industrial del delta del río Coatzacoalcos entró a la era petroquímica, con la construcción del complejo petroquímico de Pajaritos (1967), al que le siguieron Cosoleacaque (1971), La Cangrejera (1980) y Morelos (1988) (Portal de Petroquímica PEMEX, 2004). El deterioro del delta del río Coatzacoalcos se acrecentó con el impacto del acondicionamiento de las áreas donde se ubicaron los complejos petroquímicos de Pajaritos y Cosoleacaque que se realizaron recubriendo miles de hectáreas de zonas pantanosas en la margen oriental del estuario y al noroeste de Minatitlán. Además se dragaron enormes volúmenes de materiales para construir la dársena del puerto artificial de Pajaritos. La operación de las plantas petroquímicas e

industrias asociadas, así como las numerosas redes de transportes (ductos y poliductos petroquímicos, entre otros) y los sistemas terrestres de enlaces construidos en las zonas bajas constituyen otras actividades de impacto ambiental en la zona (Toledo, 1983, Toledo, 1995).

En forma paralela al desarrollo de la inversión estatal de Pemex en la exploración petrolera y la refinación de hidrocarburos desde la década de 1960 el Estado mexicano, ofreció facilidades a empresas de capital nacional e internacional del sector petroquímico secundario para que se establecieran en la región de Coatzacoalcos- Cosoleacaque- Minatitlán, en Veracruz ( ver cuadro 1).

**Cuadro 1**  
**La industria privada del corredor industrial de Coatzacoalcos**

Industria	Localización	Productos Elaborados
Agrofertimex Industrial del Sur, S.A. de C.V.	Km. 17.5 Carretera Antigua Coatzacoalcos-Minatitlán.	Fabricación de fertilizantes
Clariant México, S.A. de C.V.	Boulevard Complejo Petroquímica Cangrejera-Complejo Petroquímico Morelos.	Etoxilados, Alcohol Laurico, Nonil fenol.
Canamex, S.A. de C. V.	Interior Recinto Portuario de Coatzacoalcos	Surfactantes
Grupo Celanese, S.A.	Km. 12.3 Carretera Coatzacoalcos-Villahermosa.Complejo Petroquímico Pajaritos.	Acido Acético, Acetato de Vinilo, Esteres acéticos, Acrilato de metilo, Anhídrido acético, Acido acrílico, Metil carbinol
Industrias Derivadas del Etileno, S.A. de C. V.	Parque Industrial Complejo Petroquímico Morelos	Etanolaminas, Etilen glicoles.
Quimir, S.A. de C.V.	Km. 1.3 del Camino Petrolero "El Chapo". Municipio de Ixhuatlán del Sureste.	Triplifosfato de sodio
Rohodia Fosfatados de México, S.A. de C.V.	Complejo Petroquímico Pajaritos	Acido fosfórico y fosfatos.
Sales del Istmo, S.A. de C. V.	Complejo Petroquímico Pajaritos	Sal comestible, sal industrial.
Cloro de Tehuantepec, S.A. de C.V.	Complejo Petroquímico Pajaritos	Cloro, Sosa cáustica, Hipoclorito de sodio.
Industrias Voridian, S.A. de C.V.	Predio Buena Vista de Torres S/n. Rancho el Pipinaco. Cosoleacaque, Ver.	Polietilentereftalato
PETROTEMEX	Predio Buena Vista de Torres S/n. Rancho el Pipinaco. Cosoleacaque, Ver.	Acido tefeftático purificado
Fenoquimía, S. A. de C.V.	Predio Encino Gordo S/n. Cosoleacaque, Ver.	Fenol, Acetona, Monomero de Metil de Metacrilato, Acido sulfúrico, Acetocianhidrina.
Industria Química del Istmo, S. A. de C.V. (IQUISA)	Complejo Petroquímico Pajaritos	Cloro líquido, Sosa líquida, Sosa en escama, Hipoclorito de sodio.
Industria Cydsa Bayer, S.A. de C.V.	Complejo Petroquímico Pajaritos	Toluendiisocianato
Petroquímica Penwalt, S.A. de C.V.	Carretera Nanchital –Las Choapas Km. 6.5 ( El Chapo)	Peróxidos orgánicos

Fuente: Tomado de AIEVAC, Delegación Sur. Veracruz, 2005.

Este espectacular crecimiento industrial motivó la migración masiva de buscadores de empleo de diferentes regiones del país, lo que hizo crecer en forma desorbitada a Coatzacoalcos, el principal centro reactor de la región. La problemática originada por el crecimiento poblacional de la región Corredor Industrial-Uxpanapa ha generando agudas presiones sociales y ambientales:

1. Los déficits de agua potable, de vivienda, de servicios de salud y de infraestructura escolar.
2. Las ciudades descargan sus desechos domésticos en los cuerpos de agua, principalmente en el río Coatzacoalcos, Tonalá, Calzadas y la Laguna del Ostión, lo que ha provocado una alta y crónica contaminación bacteriana.
3. La descarga al río de los desechos industriales sin tratamiento y los frecuentes derrames accidentales, causaron el brusco descenso de la actividad pesquera en el río con la transformación de una pesca de pequeña escala a una pesca de litoral de media altura en el Golfo de México.
4. El crecimiento anárquico de las ciudades trajo como consecuencia la ocupación de zonas ecológicas vitales como pantanos, dunas y manglares.
5. Se aprecia una situación de pobreza aguda con un alto índice de desempleo y emigración de la población al norte del país y a Estados Unidos de Norteamérica.

*Se han encontrado en peces de Coatzacoalcos compuestos aromáticos policíclicos y plaguicidas organoclorados*

En cuanto a la evaluación de hidrocarburos en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, destacan los trabajos clásicos de Botello y Páez (1986), que encontraron los valores más altos de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en las zonas de descargas fijas o de intensa actividad petrolera. Otros estudios determinaron la presencia de HAP en 19 especies de organismos como peces, crustáceos y moluscos (robalito, mojarra nativa, ostión, langostino, entre otros); y la presencia de benzo (a) pireno y benzo (ghi) perileno, los más peligrosos para la salud por su potencial carcinogénico (Botello y Páez, 1996).

#### **Presencia de plaguicidas COP.**

Botello y Páez, (1996) registraron la presencia de compuestos organoclorados (BHC, aldrín, dieldrín, endrín, heptacloro y lindano) en sedimentos, con una concentración promedio muy baja (1.56 ppb), mientras que en las concentraciones de plaguicidas detectadas en los peces, moluscos y crustáceos analizados, los compuestos más abundantes fueron el HCH y el dieldrín, que se presentaron en el 100 % de las muestras, siguiéndoles en importancia el heptacloro epóxido y el DDT; los cuales se presentaron en el 98 % de las especies analizadas. Por contraste, en los sedimentos no se pudo detectar la presencia de DDT. Otro aspecto sobresaliente reportado fue la estrecha relación entre la concentración de plaguicidas y el contenido de carbono orgánico y tipo de sedimentos, dado que las mayores concentraciones de plaguicidas se presentaron en las fracciones limo arcillosas con alto contenido de carbono orgánico.

### 3. INDUSTRIA PETROQUÍMICA Y GENERACIÓN DE COP EN EL ISTMO NORTE: COATZACOALCOS, VERACRUZ

La generación industrial de COP en el Istmo Norte, especialmente de aquellos producidos de manera no intencional, como las dioxinas y furanos, está relacionada con el ciclo de vida del plástico PVC; en especial, con el proceso de producción del monómero del cloruro de vinilo en el Complejo Petroquímico de Pajaritos y con la incineración de los desechos peligrosos generados por ese proceso.

El policloruro de vinilo o cloruro de polivinilo, mejor conocido como PVC por su sigla en inglés, es el segundo plástico más vendido del mundo, después de los polietilenos, con una producción global calculada en 27 millones de toneladas en el 2002 (Ackerman y Mascey, 2003). Frente a la estabilidad o declinación del mercado del PVC en Europa y Estados Unidos a fines de la década de 1990, la industria del vinilo cifró sus esperanzas de crecimiento en la expansión de su consumo en países fuera de estas regiones, especialmente en Asia y América Latina (Tickner, 1998). Después de algunos años de baja rentabilidad se espera que el mercado mundial del PVC, que creció en un 2.8% anual desde 1999 a 2004, aumente y crezca a un ritmo de 4.1% para el año 2009. China es el país clave en esta demanda y expansión mundial (CMAI, 2005).

*La generación de COP en Coatzacoalcos está ligada con el ciclo de vida del plástico PVC*

El sector de la construcción es el principal cliente de la industria del PVC, material que se usa en tuberías y conexiones, en losetas, ventanas, puertas, persianas y muebles. Pero el uso del PVC se ha extendido también al recubrimiento de cables y material eléctrico, a la elaboración de botellas, diferentes piezas de automóvil, mangueras, juguetes y material médico (en tubos, y bolsas para plasmas, transfusiones y suero), tarjetas de crédito, envolturas de alimentos e impermeables, entre otros usos. Aunque el PVC parece un plástico inofensivo, su ciclo de vida, es decir, su producción industrial, su empleo en diversos productos de consumo y su disposición final, se caracteriza por el uso de un gran número de sustancias tóxicas y por la generación de diversos contaminantes, entre los que destacan los COP.

El PVC es un polímero de cadena larga, resultado de la asociación molecular del monómero cloruro de vinilo. La producción de PVC en México fue de 485.602 toneladas (ANIQ, 2001), la producción del Complejo Petroquímico Pajaritos entre 1992 - 2003 comprendió un promedio anual de 176.578 toneladas de cloruro de vinilo.

#### 3.1 PEMEX y el Complejo Petroquímico Pajaritos

El Complejo Petroquímico de Pajaritos se localiza al Sur de Veracruz, a 7 kilómetros aproximadamente de la ciudad de Coatzacoalcos, sobre la margen izquierda de la Carretera a Villahermosa, Tabasco y en la margen oriental del Río Coatzacoalcos, en una extensión de 69 ha. El complejo fue pionero en la industria petroquímica impulsada por Pemex. Inició operaciones oficialmente el 18 de marzo de 1967, para aprovechar el etano asociado al gas natural de los pozos petroleros provenientes del Estado de Tabasco, y se especializó en la producción y distribución de productos petroquímicos derivados del etileno y el

cloro, especialmente el cloruro de vinilo; teniendo integrado el complejo portuario más importante de México y uno de los mayores de América Latina (ver foto 1).



Foto 1. Panorámica de la terminal marítima, planta criogénica y complejo petroquímico de Pajaritos al fondo, en la margen oriental del río Coatzacoalcos, Veracruz, 2005. Foto de Alvaro Balderas

En 1997, debido a las reformas administrativas impulsadas por el presidente Salinas de Gortari y siguiendo las recomendaciones del Banco Mundial, Pemex fue convertido en un ente coordinador (holding) como Pemex Corporativo, compuesto por cuatro organismos descentralizados: Pemex Exploración y Producción; Pemex Refinación; Pemex Gas y Petroquímica Básica; y Pemex Petroquímica. Esta última se subdivide a su vez en filiales constituidas en sociedades mercantiles, desincorporadas del régimen del dominio público de la Federación.

Es en este contexto, que las instalaciones de Petroquímica Pajaritos fueron divididas para ser administradas por dos entidades jurisdiccionales: la primera, Pemex- Gas y Petroquímica Básica que se encarga de operar la planta criogénica -de donde se obtiene el etano; y la segunda, la nueva sociedad mercantil Petroquímica Pajaritos S.A. de C.V. que es una de las ocho filiales de Pemex Petroquímica al igual que Petroquímica Cangrejera S.A. de C.V., Petroquímica Cosoleacaque SA de CV, Petroquímica Morelos S.A. de C.V., Petroquímica Tula S.A. de CV, Petroquímica Escolin S.A. de C.V. y Petroquímica Camargo S.A. de C.V. y el Complejo Petroquímico Independencia.

En su desarrollo, el complejo petroquímico de Pajaritos ha pasado por diversas etapas. De tres plantas con las que inició operaciones en 1967, llegó a tener nueve plantas de productos intermedios y finales que se han ido cerrando por accidentes, o se han desmantelado por ser obsoletas o por falta de inversión y rentabilidad, quedando

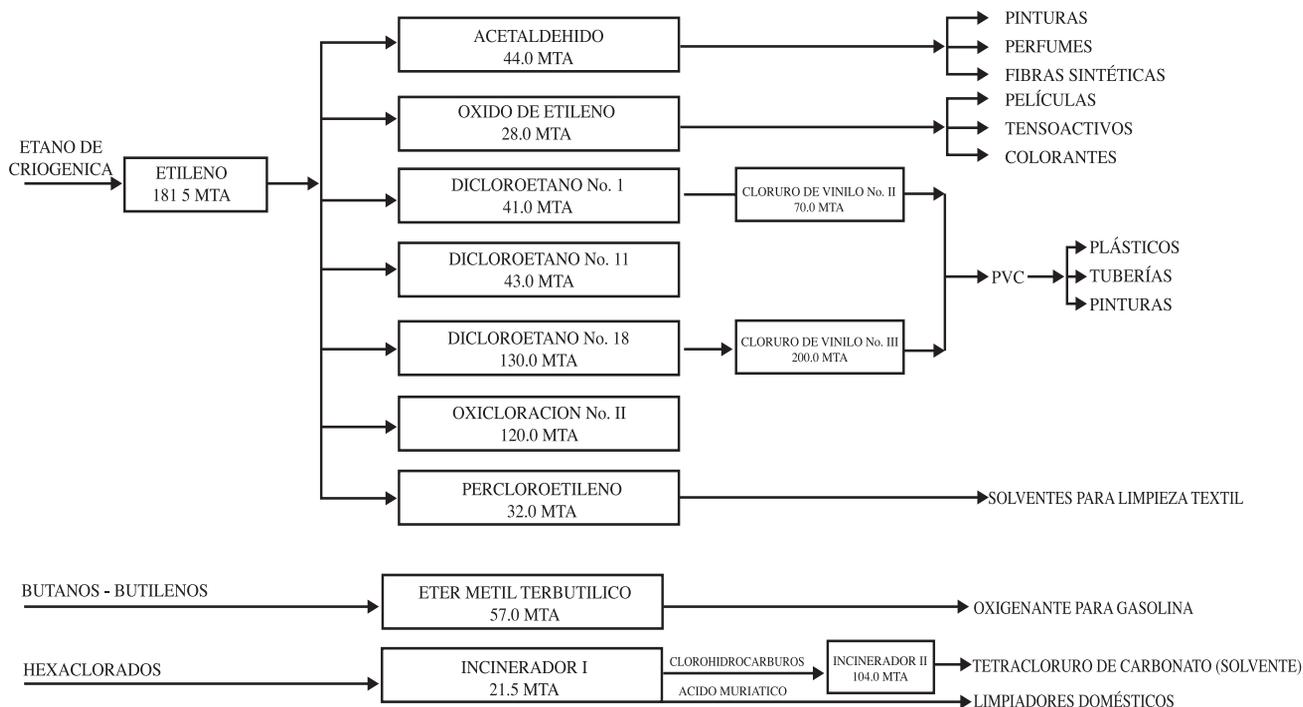
actualmente sólo tres plantas de proceso: la producción de etano en la planta Criogénica, la planta de Etileno y la planta de Derivados Clorados III, que se amplió y modernizó para aumentar la producción del monómero cloruro de vinilo, componente principal para la producción del plástico PVC (cuadro 2 y figura 3).

**Cuadro 2**  
**Etapas de desarrollo del Complejo Petroquímico Pajaritos**

- a) 1967. Se inició la primera etapa que comprendió la construcción de cinco plantas de proceso: Etileno I, Dicloroetano I, Cloruro de Vinilo I, Cloruro de Etilo y Acetaldehído;
- b) 1972. La segunda etapa se inicia con la construcción de seis plantas de proceso y sus servicios de apoyo: Criogénica, Etileno II, Óxido de Etileno, Dicloroetano II, Oxidación I, Cloruro de Vinilo II;
- c) 1982. Comenzó la tercera etapa con la apertura de tres plantas de Derivados Clorados y en 1987 iniciaron operaciones las plantas de Percloroetileno y Tetracloruro de Carbono;
- d) 2001 Se inició la modernización y ampliación de la Unidad Clorados III productora de cloruro de vinilo, que concluye en marzo del 2005. En el 2004 se desmantelaron diversas unidades de las Plantas de Cloruro de Etilo I, Cloruro de Vinilo I y Oxidación I por su obsolescencia y su baja rentabilidad.

Fuente: Méndez, 1999 e información periodística

**Figura 3 Diagrama de las Plantas de Petroquímica Pajaritos 2002**  
**(MTA: Miles de ton Año)**



Fuente: "Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1977-2000. Diagnostico y lineamientos. Informe de SECOFI", Secretaria de Energía. México. 1997

En 1991, la planta de Etileno I se transformó en una planta productora de metil terbutil eter (MTBE) usado como oxigenante de la gasolina para responder a la exigencia de

elaborar gasolina sin plomo, por parte de la Secretaría del Medio Ambiente. Esta planta de MTBE funcionó sólo hasta 1996, debido a problemas de logística del suministro de su materia prima y de sus productos (Petroquímica Pajaritos, 1997). En 1996 la planta de acetaldehído quedó fuera de operación, debido a sus altos costos de producción, elevado consumo de energía y por tener tecnología obsoleta (Méndez, 1999).

La planta de percloroetileno, solvente usado para lavado en seco y la limpieza textil, dejó de operar en enero de 1997, porque se redujo el mercado y para cumplir con los compromisos ambientales internacionales asumidos por el gobierno de México en el Protocolo de Montreal, según informó Pemex, dado que una parte de la producción servía como insumo para la elaboración de los clorofluorocarbonos (CFC). En 1997 la planta Criogénica pasó a la administración de Pemex Gas y Petroquímica Básica (Méndez, 1999).

En el 2004, Pemex inició el desmantelamiento de todas las plantas del Complejo Petroquímico Pajaritos que dejaron de operar entre 1996 y 1997 (percloroetileno, acetaldehído, MTBE, mientras que la planta de óxido de etileno permaneció en operación hasta 2002) (Córdoba, 2004).

La Unidad de Clorados III donde se produce el monómero de cloruro de vinilo no ha estado libre de accidentes. El más grave ocurrió el 11 de marzo del 1991, cuando explotó un tren de líneas que ocasionó un incendio que le costó la vida a 4 trabajadores y dejó a 300 lesionados, según datos oficiales de Pemex. (cuadro 3).

### Cuadro 3 Accidente en la planta Clorados III

*4 Muertos y más de 300 lesionados al estallar el tren de líneas de la Planta Clorados 3*

*“El más impresionante estallido de que se tenga memoria en Coatzacoalcos, sacudió a la población la mañana del 11 de marzo de 1991, cuando a las 8.40 horas hizo explosión un tren de líneas que va a la Planta de Derivados Clorados III en el Complejo Petroquímico Pajaritos, originando pavoroso incendio que cobró la vida de 4 trabajadores y resultaron heridos más de 300”*

*“Al primer gran estruendo siguieron tres más, acompañados de gigantescas llamas que colorearon de naranja el horizonte. El pánico y la confusión invadió a un gran sector que salió de sus casas sin saber a dónde dirigirse. Fue tan fuerte el sacudimiento que muchos creyeron se trataba de un temblor. El ruido de las explosiones y la enorme columna de humo indicaron que algo trágico había ocurrido en Pajaritos”.*

*“Así fue 4 trabajadores muertos; 2 de clorados, 1 de contra-incendio, más de 100 heridos-la mayoría de ellos con cortadas de vidrios o intoxicados por gases de cloro- era el saldo que a las 10:45 horas daba Petróleos Mexicanos a los cientos de personas que se arremolinaban en las afueras de las clínicas del Seguro Social y de PEMEX”*

*Fuente: Santamaría, M.E. 1991. Diario del Istmo, 12 de marzo.*

*“Hay muchos muertos, es mentira que sólo perecieron cuatro, había gente en el área en los momentos de la explosión, había mujeres barriendo, a muchos les cayeron pedazos de fierro ardiendo encima y a otros la fuerza de la explosión los aventó, hasta carros y camionetas fueron aplastados, entre ellos había gente” .*

*Daniel González Nepomuceno. Obrero Transitorio de Pemex. Fuente: Santamaría, M.E. 1991. Diario del Istmo, 12 de marzo.*

*“En el espacio de la portada de clorados III, donde actualmente entran los autobuses con el personal, laboraba mucha gente humilde que venía sin papeles de las rancherías, y les pedían trabajo a los contratistas, estos fueron los que fallecieron, desgraciadamente no hubo quien los reclamara, los levantaron en costalillas, metían los huesos calcinados, pedazos de carne, brazos, piernas, y se los llevaban, no se hacia donde... se mencionó que eran soldados los que los levantaron... Clorados III se volvió a rehacer nuevamente después de la explosión...”*

Emanuelle López Zarate, Obrero de Pemex. Obrero Jubilado.10 de diciembre de 2005

En un diagnóstico de Pemex Petroquímica Pajaritos (PEMEX s/f. Análisis de la Modernización y Ampliación de la Planta DCIII) se destaca que la empresa presentaba pérdidas en la fabricación del monómero de cloruro de vinilo desde 1996 y aunque todo el producto se vendía en el mercado nacional, no era suficiente para generar ganancias debido a que la producción estaba por debajo de la capacidad de diseño, a la obsolescencia tecnológica, a los altos costos fijos y a elevados costos de las materias primas, entre otros factores. Es en este contexto, que desde 1996 Pemex proyectó la ampliación de la producción de cloruro de vinilo, publicando en 1999, una licitación que se declaró desierta, y que volvió a lanzar en junio del 2001, que ganó finalmente la empresa española Duro Felguera S.A., a la que se otorgó un contrato de obra por 100 millones de dólares. Se trata de la modernización y ampliación de la producción del monómero del cloruro de vinilo de la planta de Derivados Clorados III, con la que Pemex espera incrementar en más del doble la capacidad de producción de cloruro de vinilo, pasando de 200 mil a 405 mil toneladas anuales (PEMEX. Boletín de Prensa 15.05.2003; PEMEX s/f. Op. Cit. ).

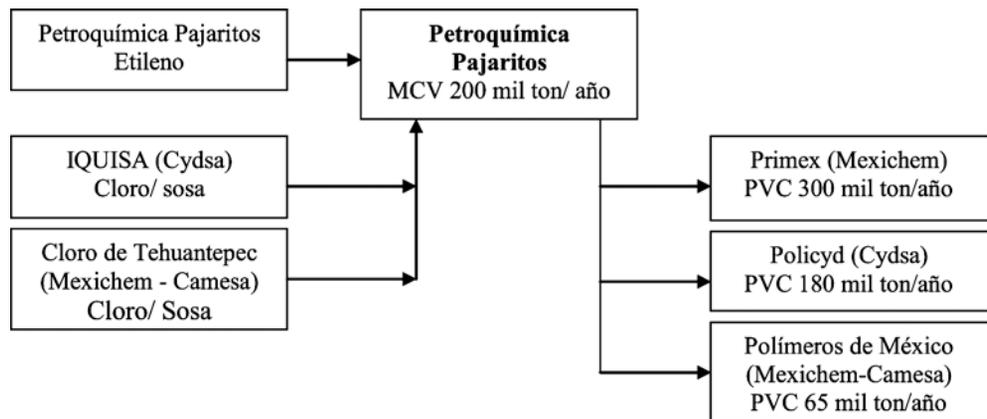
El plan de modernización y ampliación de la planta de cloruro de vinilo del Complejo Petroquímico Pajaritos incluyó el cambio de casi la mitad de los equipos actuales, la relocalización de otros, la construcción de una planta de tratamiento de efluentes, un posible proyecto de cogeneración de energía eléctrica, y la reducción de 2000 plazas de trabajo. La inversión multimillonaria requerida de 261.874 millones de dólares ha ocasionado el endeudamiento de Pemex, que esperaba recuperar en 4 años y generar altas utilidades en 13 años, con una ganancia neta de 37.584 millones de dólares al año. En forma paralela se planteaba además poner a la venta el 49 % de las acciones de Petroquímica Pajaritos SA de CV. Entre los beneficios esperados, además del incremento al doble de la producción, ya mencionado, se indicaba el uso de “tecnología de punta” para el ahorro de energía y una eficiencia mayor de los equipos, mejoras en la emisión de contaminantes a la atmósfera y un adecuado tratamiento de los efluentes residuales del proceso, haciendo con esto, al decir de Pemex, una planta “más competitiva y sustentable”. (PEMEX s/f. Op. Cit. ).

La empresa española Duro Felguera, se comprometió a realizar de 2001 a 2004 un proyecto integral de entrega “llave en mano” para la ampliación y modernización de la planta de cloruro de vinilo, proporcionando la obra de ingeniería, suministros, obra civil, montaje, puesta en marcha y pruebas de capacidad (Duro Felguera, 2005). Sin embargo, su reapertura tuvo un gran retraso debido a fallas técnicas e incumplimiento del contrato por parte de la empresa española y a la falta de personal calificado y con experiencia en el manejo de plantas petroquímicas, ocasionada por los despidos de obreros, según el vocero del Grupo Orientación Renovadora (Lastra, 2004).

### 3.2 La cadena productiva del monómero de cloruro de vinilo en Coatzacoalcos y la concentración privada del mercado del PVC en México

La producción del monómero de cloruro de vinilo por Pemex Petroquímica Pajaritos, es un eslabón intermedio en la cadena productiva del PVC (ver figura 4). Lo que destaca es que las empresas privadas pertenecientes al grupo industrial Cydsa y al grupo Mexichem (antes Camesa) intervienen al inicio de la cadena productiva -en el suministro del cloro- y al final de la misma -en la polimerización del cloruro de vinilo en PVC-, por lo que la expansión de la producción del cloruro de vinilo en el Complejo petroquímico Pajaritos beneficiará principalmente a estos dos grupos industriales que son los principales productores y exportadores de PVC en México.

**Figura 4**  
**Empresas que participan en la cadena productiva del**  
**Monómero de Cloruro de Vinilo (MCV) en Petroquímica Pajaritos**



Fuente: Pemex. S/f. PEMEX s/f. Análisis de la Modernización y Ampliación de la Planta DCIII) Adaptación del cuadro original.

El grupo Mexichem (antes Grupo Industrial Camesa, creada en 1978) es una controladora (holding) de capital mexicano, que cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores y que integra de manera preponderante dos cadenas productivas; la cadena cloro-vinilo y la cadena flúor. Sus principales productos y servicios son cloro, sosa cáustica, hipoclorito de sodio, PVC, ácido fluorhídrico y extracción de fluorita. El grupo es el resultado de la integración de diversas empresas. En la cadena cloro- vinilo integra a la Unión Minera del Sur que proporciona salmuera, a Cloro de Tehuantepec y Penwalt que son las principales productoras de cloro, sosa cáustica y derivados en México, Mexichem Colombia, productor de hipoclorito de sodio, cloruro férrico y otras especialidades químicas. El grupo Mexichem participa en el sector de resinas y compuestos plásticos con las empresas Nacional de Resinas, Poliespuma de México, Polímeros de México y Promociones Industriales Mexicanas S.A (Primex), líder del mercado en México y Latinoamérica en la manufactura de PVC. En abril del 2005 se fusionó la subsidiaria Mexichem con Grupo industrial Camesa que en abril del 2005 cambió de denominación social por la de Mexichem. (BOLSA DE VALORES, MEXICHEM (Camesa), Febrero 2006, MEXICHEM, 2005, CAMESA, 2004)

Cloro de Tehuantepec se construyó como una necesidad de abastecimiento de cloro para las Plantas de Derivados Clorados de Pemex en el Complejo Petroquímico Pajaritos e inició operaciones en enero de 1981 con tecnología comprada a PPG Industrias de Estados Unidos.(MEXICHEM [www.mexichem.com.mx/cloro\\_tehuantepec/cloro\\_q\\_historia.html](http://www.mexichem.com.mx/cloro_tehuantepec/cloro_q_historia.html) consulta 31 nov. 2005)

Las empresas Primex (con capacidad para producir 300 mil ton/año de PVC) y Polímeros de Mexico (con capacidad de producir 65 mil ton/año de PVC), del grupo Mexichem, son los principales clientes del Complejo Petroquímico Pajaritos que les suministra cloruro de vinilo para su polimerización y transformación en PVC en sus plantas ubicadas en Altamira, Tamaulipas y Puebla ,en el caso de Primex, y en San Toribio Xicohtzinco, Tlaxcala, en el caso de Polímeros de México (Duro Felguera, 2002).

El otro grupo empresarial que participa al inicio y al final de la cadena productiva del PVC es el Grupo Cydsa. Este es un importante grupo empresarial con plantas químicas en ocho ciudades del país y más de 20 subsidiarias, generadoras de productos químicos, plásticos, fibras y manufactura de textiles, soluciones de empaque flexibles y servicios de mejoramiento ambiental. A través de Industria Química del Istmo SA de CV (IQUISA) suministra cloro al Complejo Petroquímico de Pajaritos. IQUISA cuenta con instalaciones en Coatzacoalcos, Veracruz, Monterrey, Nuevo León, y San Cosme Xalostoc, Tlaxcala; atendiendo el mercado nacional y exportando sus productos a Centroamérica y Estados Unidos. IQUISA es parte de la División Químicos y Plásticos de Cydsa al igual que Sales del Istmo (que le proporciona la materia prima a IQUISA), Polycid, Plásticos Rex y Quimiobásicos. Es Polycid S.A. uno de los clientes importantes del cloruro de vinilo que suministra Pemex a través de Petroquímica Pajaritos, y cuenta con una capacidad de producción de 180 mil de ton/año de PVC (Cydsa, 2000; Asertec, 2000, Duro Felguera, 2002).

*La expansión de la producción de cloruro de vinilo en Petroquímica Pajaritos beneficiará principalmente a los grupos Mexichem y Cydsa*

La producción de PVC en México, se inició en 1953 en la planta de Geon de México, localizada en San Juan Ixhuatepec, Estado de México. Esta empresa filial de B.F.Goodrich inició la producción con 1.500 ton/año; años más tarde, en 1971, Cydsa adquiere el 60% del capital de Geon, reorganizó la empresa y le cambió el nombre a Polycid, que en 1981 inició operaciones en una segunda planta en el corredor industrial de Altamira, Tamaulipas. con una capacidad de 100 mil ton/año. Otras empresas productoras de resina PVC en México es Altaresin, en Altamira, Tamaulipas, pero con una capacidad de producción de 10 mil ton/año, mucho menor que las anteriores.

El cloro junto con el etileno producido por Pemex en el complejo Petroquímico Pajaritos, constituyen las dos materias primas fundamentales para la producción del monómero de cloruro de vinilo. El diagnóstico de Pemex (PEMEX S/f. Análisis de la Modernización y ampliación op. Cit) señalaba que, la concentración de la oferta de cloro reduce los grados de libertad en la negociación y las fórmulas de precios que rigen los contratos de Petroquímica Pajaritos tienden a favorecer al proveedor de cloro, ya que difieren de las observadas en Estados Unidos en los esquemas de alianza comercial o de integración real, donde se toma en cuenta el valor de la sosa cáustica producida para determinar el precio del cloro.

Petroquímica Pajaritos S.A. de C.V. es la única empresa productora del monómero de cloruro de vinilo en México y cuenta con dos plantas con una capacidad total instalada de 200,000 ton/ año. Las ventas de este producto constituyen el 75 por ciento del total de los ingresos de la filial. La producción de cloruro de vinilo no ha sido suficiente para satisfacer el incremento de la demanda de PVC en México. Mientras que en 1992 su participación en el mercado doméstico fue del 53 %; en el 2000 solo cubrió el 37 %; es así que las empresas productoras de PVC tienen que importar una gran cantidad de cloruro de vinilo de otros proveedores como Dow, Marubeni y PPG, (Duro Felguera, 2002). En este contexto de aumento de la demanda de PVC es que se amplió la Unidad de Derivados Clorados III en el Complejo Petroquímico de Pajaritos, para duplicar la producción actual del monómero de cloruro de vinilo de 200 mil ton/año a 405 mil ton/año, que se espera sea absorbida por el mercado nacional (Duro Felguera, 2002). La ampliación de la producción del monómero de cloruro de vinilo en el Complejo Petroquímico de Pajaritos situará a Pemex como la segunda empresa con mayor capacidad productora de este insumo en América Latina y el Caribe, después de Braskem en Brasil (PETCO, 2005).

El Grupo Industrial Mexichem (antes Camesa) al controlar a Cloro de Tehuantepec, Primex y a Polímeros de México será el principal beneficiario del aumento de la producción de cloruro de vinilo por la ampliación de Clorados III en el Complejo Petroquímico Pajaritos, lo que le permitirá consolidar el control del mercado de PVC en México y ser uno de los principales exportadores de este producto.

La resina de PVC es uno de los productos importantes de exportación de la industria química dentro de la categoría de las *commodities* o productos basados en recursos naturales, que derivan su capacidad competitiva de la oferta adecuada y barata de la materia prima y de manera complementaria del acceso a la tecnología y a las economías que se derivan de su integración o diversificación en grupos de empresas (Unger, 1990). Los principales exportadores de resina PVC en México son Primex y Policyd. Este último es proveedor en más de 20 países a los cuales exporta entre el 20 y el 30% de su producción anual (Cydsa, 2005); sin embargo, es Primex, del Grupo Mexichem (antes Camesa), el mayor fabricante de resinas, compuestos y plastificantes en México y América Latina, y el mayor exportador de PVC en México.

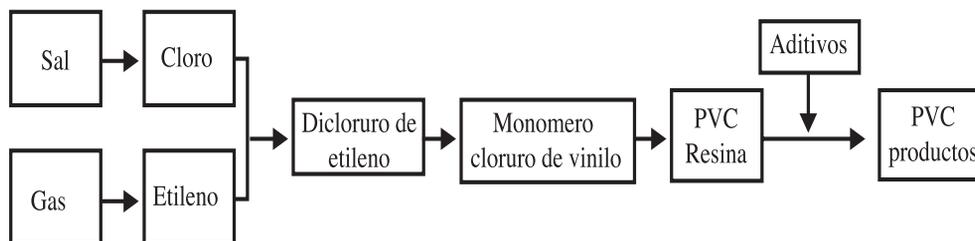
Cydsa, Grupo Primex, Policyd, Grupo Mexichem y Polímeros de México formaron en 1997, la Comisión para la Promoción del Vinilo, Grupo proVINILO, dentro de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), con la misión de promover el consumo y aplicación de los productos de vinilo en México y “erradicar los mitos verdes” o críticas ambientales a su producción y uso (ANIQ, 2005).

#### **4. EL CICLO TÓXICO DE LA PRODUCCIÓN DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)**

La producción del PVC se inicia en la industria cloro-álcali con la producción de gas cloro y sosa cáustica a partir del paso de grandes corrientes de energía eléctrica a una solución saturada con sal. Se calcula que el 37% del consumo mundial de sal corresponde

a las necesidades de producción industrial de cloro y sosa cáustica (Roskill, 2004). El gas cloro en reacción con el etileno - resultado de la refinación del petróleo- se transforma en dicloroetano que se purifica para formar el monómero cloruro de vinilo; éste se polimeriza dando como resultado la resina PVC, a la que finalmente se le incorporan diversos aditivos, según las propiedades deseadas en los productos para el consumo (figura 5).

**Figura 5**  
**Diagrama simplificado de la Producción de PVC**



En las diversas fases del ciclo de vida y cadena productiva del PVC se usan sustancias tóxicas y se generan residuos peligrosos contaminantes que impactan el ambiente y la salud de trabajadores y comunidades (cuadro 4).

**Cuadro 4**  
**Contaminantes en el ciclo de vida del PVC**

<p><u>Producción</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Emisiones de dioxinas (si se usan celdas con ánodos de grafito), mercurio (si se usan ánodos de mercurio) y desechos de asbesto (si se usa diafragma) en la producción de cloro</li> <li>· Emisiones al aire y descargas de aguas de desecho de las instalaciones de producción del dicloroetano y Monómero del Cloruro de Vinilo (MCV).</li> <li>· Exposición de los trabajadores a MCV y dicloroetano que son cancerígenos.</li> <li>· Generación de dioxinas, furanos y PCB durante la producción de MCV y con la incineración de los desechos clorados de la producción</li> </ul> <p><u>Uso</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Lixiviación o migración de los aditivos de los productos de PVC (plastificantes y estabilizadores metálicos) que contienen metales pesados y disruptores endocrinos</li> <li>· Incendios de estructuras o autos con PVC liberan dioxinas</li> </ul> <p><u>Disposición final</u></p> <p>Rellenos o Basureros</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Incendios accidentales liberan dioxinas</li> <li>· Aditivos, metales pesados y dioxinas contaminan el agua subterránea</li> <li>· Emisiones gaseosas de los aditivos</li> </ul> <p>Incineración</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Cuando se incineran productos desechados de PVC en los incineradores municipales, hospitalarios o en la quema de basura de traspatio se liberan a la atmósfera dioxinas, ácido clorhídrico y metales tóxicos</li> <li>· Las cenizas depositadas después en los rellenos sanitarios contienen altos niveles de metales pesados y dioxinas</li> </ul> <p style="text-align: right;">Continúa....</p>
--

Reciclado

- Diversidad de aditivos previenen el reciclaje de productos mezclados con PVC resultando en productos con menor calidad, promedios de reciclaje bajos, menor a 1% y contaminación de otros plásticos así como otros materiales valiosos durante el reciclaje al mezclarse con PVC
- No reduce la demanda total de materias primas para producir plásticos (resinas vírgenes) y no tiene efecto sobre el aumento de vinilo producido cada año.

Fuente: Adaptación y ampliación del original en BELLIVEAU y LESTER, 2004

#### 4.1 La producción de cloro, primer eslabón en la cadena productiva del PVC

El cloro (Cl) es un elemento (sustancia química que no se puede descomponer en otra sustancia más simple) que se encuentra en la naturaleza. En ella, los iones de cloro están enlazados con el sodio en forma de sal (cloruro de sodio o NaCl) como en el agua de mar, los lagos salados, en depósitos subterráneos y en otros cloruros metálicos en la corteza terrestre. Sin embargo, la producción de gas cloro o cloro elemental es una invención de la industria cloro-sosa (cloro-álkali) desde fines del siglo XIX. Aunque el cloro fue usado como blanqueador y desinfectante, e incluso como arma química durante la Primera Guerra Mundial, su despegue industrial está unido a la expansión petrolera y petroquímica, especialmente a la expansión del plástico PVC.

*La producción industrial mundial del cloro se destina a la producción del PVC*

La producción industrial mundial del cloro se destina principalmente a la producción del PVC (34%), al que le siguen sus usos en compuestos orgánicos (21%), solventes organoclorados (6%), blanqueo de pulpa y papel (6%), desinfección de agua (6%) y otros (27%) (World Chlorine Council, 2002).

La producción industrial de cloro se realiza al pasar grandes cantidades de electricidad a una solución saturada de sal (salmuera) en una celda, por la que el cloruro de sodio (NaCl) se convierte en gas cloro (Cl) y sosa cáustica (hidróxido de sodio, NaOH) en un proceso llamado electrólisis. Este proceso tecnológico puede tener tres variantes dependiendo del tipo de cátodo usado en la celda, sea de mercurio, de diafragma o de membrana (Stringer y Johnston, 2001c).

##### Liberación de mercurio

La producción de cloro usando un lecho de mercurio elemental como cátodo en la electrólisis es la forma más tóxica, por la liberación de este metal pesado al ambiente, y es la que consume mayor electricidad, en comparación con las de diafragma y de membrana. La de diafragma requiere asbesto y consume menos electricidad; ambas (de mercurio y de diafragma) fueron introducidas a fines de 1800; y resulta evidente que son tecnologías muy antiguas. El proceso de electrólisis con membrana es el proceso energético más eficiente y fue introducida en la década de 1970.

La celda típica de mercurio de 30 m<sup>2</sup> puede contener más de 6 mil kg. de mercurio que aunque circula en un sistema aparentemente cerrado y se reutiliza indefinidamente, ocasiona pérdidas que se calculan en 150 a 250 gr. de mercurio por kg. de cloro producido.

Además el hidróxido de sodio o de potasio generado mediante este proceso contiene de 4-5 ppm. de mercurio, lo que debe tomarse muy en cuenta por tratarse de compuestos usados en gran escala en otros procesos industriales y productos (Yarto Ramírez et al. 2004). Las liberaciones de mercurio al ambiente mediante este proceso se pueden dar a la atmósfera, en las descargas de los efluentes a los ríos o lagos, en los lodos de desecho y en otros residuos sólidos. Un segundo problema lo constituye las fugas tóxicas de gas cloro durante la producción, licuefacción, transporte y almacenamiento del cloro (European Commission 2003; Bruno K, 1994). En México los principales consumidores de mercurio son las plantas de cloro-sosa (Yarto, Gavilán y Castro 2004).

El mercurio (Hg) es un elemento constitutivo de la tierra, un metal pesado que puede existir en diversas formas, ya sea como elemento o en un compuesto químico. El mercurio liberado en el ambiente en su forma elemental se transforma por la acción de los microorganismos de los sedimentos en mercurio orgánico conocido como metilmercurio ( $\text{CH}_3$ ), que es el metabolito más tóxico y que causa mayor daño a los organismos. El metilmercurio se adhiere fácilmente a partículas suspendidas y sedimentos y puede bioacumularse y biomagnificarse en las cadenas alimenticias, incluyendo microorganismos, peces, mamíferos marinos y humanos. El mercurio liberado en la atmósfera a menudo viaja largas distancias antes de depositarse sobre la superficie de la tierra, donde puede volatilizarse y depositarse de nuevo en un “efecto saltamontes. Es además muy persistente (CCA, 2003).

La principal ruta de contacto del mercurio con el ser humano es el consumo de pescados y mariscos contaminados con este elemento. El metilmercurio es un potente neurotóxico que afecta el sistema nervioso y el desarrollo del cerebro humano, además puede atravesar la barrera placentaria y causar daño reproductivo. La exposición importante del feto al metilmercurio provoca retardo mental, problemas motores y de visión. Exposiciones fetales menores pueden provocar deterioro permanente del lenguaje, de la atención y la memoria (Schettler, Stein, Reich y Valenti, 2000).

El mercurio es volátil y puede evaporarse a temperatura ambiente. En las instalaciones de la industria de cloro-sosa la concentración de vapores de mercurio puede fluctuar entre 10 y 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los trabajadores pueden estar expuestos al mercurio al inhalar los vapores o por contacto directo con la piel. Los efectos agudos de la inhalación de vapores de mercurio se manifiestan en bronquitis, edema pulmonar, dolor de pecho, diarrea, vómito, hemorragia, entre otros, y una intoxicación del sistema nervioso central puede causar temblores, pérdida de la memoria, hiperexcitabilidad y reducción de los reflejos, irritabilidad, depresión, debilidad, fatiga e insomnio (Gutiérrez, Bucio y Souza, 1979).

Se han documentado ampliamente los problemas ambientales causados por las descargas de mercurio de las plantas de cloro-sosa en numerosos países como Estado Unidos, Suecia, Nicaragua, Colombia y Venezuela.

Por sus características tóxicas, bioacumulativas y persistentes, el metilmercurio es considerado como un contaminante de preocupación mundial que debe ser retirado

*Las plantas de cloro que usan mercurio como en Coatzacoalcos son una fuente de contaminación de este metal pesado tóxico, bioacumulativo y persistente*

globalmente al igual que los contaminantes orgánicos persistentes. La Comisión de París estableció límites de descarga de mercurio de las plantas de cloro-sosa y un estándar de 2g de emisiones atmosféricas de mercurio por tonelada de cloro producida, con vigencia a partir de diciembre de 1996, y recomendó el completo retiro de los cátodos de mercurio en las plantas de cloro-sosa para el año 2010 (PARCOM decisión 90/3 del 14 Junio de 1990). Esta recomendación fue refrendada por el Convenio para la Protección del Ambiente Marino del Atlántico Nororiental en Europa conocido como Convenio de OSPAR, firmado en 1992 y en vigor desde 1998, que establece que para el año 2020, los países parte deben avanzar hacia el cese de las descargas, emisiones y pérdidas de las sustancias peligrosas, para lo cual establece una lista de acción prioritaria donde incluye al mercurio y compuestos de mercurio orgánico. A pesar de estas recomendaciones, la industria del cloro sólo está cambiando su tecnología cuando le resulta rentable (Stringer y Jhonston Op. Cit.; OSPAR Commission, 1998). En el 2001, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) inició una evaluación global del mercurio para discutir posibles acciones internacionales. Dadas estas presiones internacionales las plantas de cloro-sosa de Europa y Estados Unidos han reducido sus emisiones de mercurio al aire, agua y productos con un mayor control. Los productores de cloro-sosa europeos se han comprometido a no ampliar la capacidad productora de las celdas de mercurio, no abrir nuevas plantas con esta tecnología y cerrar o convertir las plantas de celda de mercurio existentes al final de su vida económica, anticipada para el 2020. (World Chlorine Council, 2002).

En México la producción de cloro se basa en las tecnologías de cátodo de mercurio y de diafragma, con una producción anual de 447,000 toneladas métricas al año. De ellas 147,000 toneladas se producen con el uso de cátodo de mercurio, lo que equivale a casi la tercera parte (33%) de la producción nacional. El mercurio utilizado por la industria mexicana del cloro es de origen secundario y procede del reciclaje de jales mineros. Se calcula que las tres plantas de cloro-sosa en su conjunto generan 4.9 ton de mercurio por año (Villicaña y Aguilar, 2004). En el Plan de Manejo regional de Mercurio realizado por la Comisión de Cooperación Ambiental se pretende reducir un 50% el uso de celdas de mercurio para el año 2011; para tal fin México está negociando un proyecto en asociación con Canadá y la industria del cloro, que probablemente incluya a Coatzacoalcos.

Las empresas productoras de cloro con cátodo de mercurio en México son Cydsa en Monterrey, N.L., Mexichem en Tlaxcala e Industrias Químicas del Istmo (IQUISA) en Coatzacoalcos, Ver, y se calculaba en el 2001 que en su conjunto consumían 5.7 toneladas de mercurio al año. En el pasado, la planta donde opera actualmente Tekchem (antiguos Fertilizantes Mexicanas, y luego Velpol) en Salamanca, Guanajuato. fue también productora de cloro con cátodos de mercurio y productora de un gran número de plaguicidas organoclorados por lo que el lugar probablemente tiene una contaminación histórica acumulada (Acosta 2001).

En el Complejo Petroquímico Pajaritos, IQUISA inició la producción de cloro en 1968 mediante electrólisis con celdas de mercurio, y fue la última planta que se construyó con esta vieja tecnología en el país. En 1981 Cloro de Tehuantepec abrió otra planta de

producción de cloro con celdas de diafragma. Existen reportes de contaminantes en los efluentes de descargas al Arroyo Teapa (que sirve de drenaje industrial del Complejo Petroquímico Pajaritos), afluente del Río Coatzacoalcos, donde se ha registrado un kilogramo/día de mercurio, además de 80 ton/ día de cloruro de sodio y bismuto, 100 Kg./día de hidróxido de magnesio y 600 Kg./día de carbonato de calcio (Perdomo Capetillo, 1987).

Botello y Páez. (1986), efectuaron el análisis de mercurio de 15 muestras, de las cuales solo cuatro presentaron niveles detectables: en orden descendente éstas fueron las colectadas en el Pantano de Santa Alejandrina (0,062 ppm), en Tiradero Complejo Pajaritos (0,078 ppm), en Arroyo Teapa (0.153 ppm), y la más alta en el estero de Arroyo San Francisco (0,209 ppm) todos estos sitios corresponden a las cercanías donde son vertidos directamente los desechos provenientes de las industrias del corredor industrial de Coatzacoalcos.

Stringer, Lubunska y Brigdeen (2001a), en sus estudios alrededor del Complejo Petroquímico Pajaritos, registraron la concentración de ocho metales pesados, entre ellos, mercurio, cobre y plomo en los sedimentos. La fuente más probable de mercurio es el uso de celdas de mercurio en la producción de cloro por IQUISA, y la presencia de plomo posiblemente este relacionada con la antigua producción de tetraetilo de plomo. La presencia de cobre se comentará en el apartado siguiente (Cuadro 5, siguiente página).

#### Liberación de dioxinas

Otro problema ambiental producido por las plantas de cloro-sosa es la generación de dioxinas, especialmente cuando se utilizan ánodos de grafito. En un principio los ánodos de grafito se usaron en celdas de mercurio y de diafragma, y es poco probable que se usen en las celdas de membrana, que es la tecnología más moderna. Los residuos o lodos generados en la producción de cloro-sosa que utiliza ánodos de grafito, pueden estar contaminados con dioxinas y furanos (PNUMA, 2005). El impacto de la contaminación aumenta si los lodos de estas plantas son vertidos en los arroyos, lagunas o si se usan como relleno de pantanos, como se ha documentado ampliamente en países como Suecia (Bruno K. 1984; Stringer y Johnston 2001c). Falta indagar si esto es algo que ocurrió también en el caso de Coatzacoalcos.

*Es muy probable que las plantas de cloro de Coatzacoalcos hayan generado dioxinas y furanos al usar ánodos de grafito*

La producción histórica de cloro con ánodos de grafito puede provocar sitios altamente contaminados (hotspots) con COP (PNUMA, Op. Cit.). Es muy probable que las plantas de cloro de IQUISA y Cloro de Tehuantepec hayan generado durante muchos años dioxinas y furanos, debido a que usaron ánodos de grafito hasta el 2001, cuando fueron sustituidos por titanio. Hay que recordar que el Instrumental indica que hay algunos datos que muestran que la utilización de ánodos de titanio también puede provocar la producción de furanos, cuando en el proceso se usan selladoras de caucho en el proceso, que proporcionan la fuente de carbono (PNUMA, Op. Cit.). Es importante destacar que en Coatzacoalcos, nunca ha habido mediciones de dioxinas en los sedimentos de los arroyos y ríos donde descargaban los efluentes tóxicos de estas empresas, y que estas mediciones

**Cuadro 5**  
**Metales pesados y compuestos orgánicos volátiles en sedimentos cerca del Complejo Petroquímico Pajaritos (\*).**

Clave de la Muestra	AM 0157	AM 0159	AM 0155	AM 0156	AM 0161	AM 0160	AM 0153	AM 0154	AM 0151	AM 0150	AM 0152	AM 0162	AM 0158	AM 0149	AM 01001	AM 01002	AM 01003
Tipo de muestra	sedi-mento	Eflu-ente	Eflu-ente	Eflu-ente	sedi-mento	sedi-mento	Eflu-ente	sedi-mento	Eflu-ente	Eflu-ente	sedi-mento	sedi-mento	sedi-mento	Eflu-ente	sedi-mento	sedi-mento	
	mg/kg	ug/l	ug/l	ug/l	mg/kg	mg/kg	ug/l	mg/kg	ug/l	ug/l	mg/kg	mg/kg	mg/kg	ug/l	ug/l	mg/kg	
<b>Concentración</b>																	
<b>Cadmio</b>	<1	<10	<10	<10	<1	1	<10	<1	<10	<10	<1	<1	<1	<10	<1	<1	
<b>Cromo</b>	25	<20	<20	<20	184	75	<20	56	<20	<20	43	46	50	217	<20	14	17
<b>Cobalto</b>	6	<20	<20	<20	9	6	<20	8	<20	<20	6	5	8	13	<20	2	3
<b>Cobre</b>	19	<20	<20	50	110	131	<20	43	<20	110	42	59	57	113	4919	53	75
<b>Lead</b>	11	<30	<30	<30	97	213	<30	18	47	<30	78	68	34	101	<30	33	9
<b>Manganeso</b>	93	146	281	241	162	288	339	356	714	936	279	106	250	304	<10	79	120
<b>Mercurio</b>	0.10	<1	196	9	8.35	60.83	<1	5.90	<1	<1	4.74	0.44	2.15	19.75	<1	0.20	0.18
<b>Niquel</b>	17	<20	<20	<20	30	44	<20	32	<20	<20	57	19	28	58	154	8	9
<b>Zinc</b>	97	41	205	1494	332	1743	95	477	33	5048	602	41	243	309	840	58	47
<b>METALES</b>																	
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>																	
<b>Concentración</b>	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
<b>Cloroformo</b>	N/A	<10	110	230	N/A	N/A	<10	N/A	<10	130	N/A	N/A	N/A	N/A	2700	N/A	N/A
<b>Tetracloruro de carbono</b>	N/A	<5	<5	<5	N/A	N/A	<5	N/A	<5	40	N/A	N/A	N/A	N/A	180	N/A	N/A
<b>Cloruro de vinilo</b>	N/A	<10	<10	<10	N/A	N/A	<10	N/A	<10	40	N/A	N/A	N/A	N/A	390	N/A	N/A
<b>1,1-Dicloroetano</b>	N/A	<5	<5	<5	N/A	N/A	<5	N/A	<5	30	N/A	N/A	N/A	N/A	150	N/A	N/A
<b>cis-1,2-Dicloroetano</b>	N/A	<5	<5	<5	N/A	N/A	<5	N/A	<5	<5	N/A	N/A	N/A	N/A	255	N/A	N/A
<b>trans-1,2-Dicloroetano</b>	N/A	<5	<5	<5	N/A	N/A	<5	N/A	<5	<5	N/A	N/A	N/A	N/A	35	N/A	N/A
<b>Tricloroetano</b>	N/A	<5	<5	<5	N/A	N/A	<5	N/A	<5	<5	N/A	N/A	N/A	N/A	55	N/A	N/A
<b>Tetracloroetano</b>	N/A	<5	<5	<5	N/A	N/A	<5	N/A	<5	60	N/A	N/A	N/A	N/A	110	N/A	N/A
<b>1,1-Dicloroetano</b>	N/A	<5	<5	<5	N/A	N/A	<5	N/A	<5	<5	N/A	N/A	N/A	N/A	900	N/A	N/A
<b>1,2-Dicloroetano</b>	N/A	<10	<10	<10	N/A	N/A	<10	N/A	170	7500	N/A	N/A	N/A	N/A	58500	N/A	N/A

(\*) Las concentraciones se dan en mg/kg de peso seco para las muestras de sedimento y en ug/l para las muestras de descargas líquidas. Las muestras de sedimento están sombreadas.

Fuente: STRINGER, R., LUBUNSKA, I., BRINDEN, K., 2001<sup>a</sup> "Contaminantes organoclorados y metales pesados en el ambiente alrededor del Complejo Petroquímico Pajaritos, Coatzacoalcos, México". Nota técnica 05/2000. Laboratorios de Investigación Greenpeace, Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad de Exeter, Exeter, Reino Unido. 19 pp

deberían incluirse en la evaluación como sitio altamente contaminado por COP en el Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo.

#### 4.2. La producción del monómero de cloruro de vinilo

La segunda fase en la cadena productiva del PVC, es la producción del monómero del cloruro de vinilo. En líneas generales en esta fase, las materias primas esenciales son: cloro y etileno que son usados en procesos donde se efectúan reacciones químicas (por cloración directa o por oxiclación)<sup>1</sup> para formar dicloruro de etileno o 1,2 dicloroetano (DCE); el DCE “crudo” se lava y seca para mandarlo a un horno de pirólisis (craqueo), donde se somete a altas temperaturas y presiones, para producir una reacción que divide el DCE en ácido clorhídrico y el monómero de cloruro de vinilo, éste se purifica mediante destilación antes de mandarlo a los tanques de almacenamiento y su envío a las plantas de polimerización para producir PVC. En las plantas modernas el DCE residual se regresa y recicla al horno de pirólisis, y a los desechos peligrosos o colas se les manda a un incinerador u oxidador térmico para recuperar el ácido clorhídrico que se reintegra al inicio del proceso. (European Commission, 2003)

*En el proceso de manufactura de dicloroetano y cloruro de vinilo se generan dioxinas, entre otros contaminantes.*

En el proceso de manufactura del dicloroetano y cloruro de vinilo se genera una amplia variedad de contaminantes que pueden liberarse a la atmósfera, en los efluentes de descarga y en los residuos sólidos y líquidos. Estos contaminantes incluyen una amplia variedad de compuestos orgánicos volátiles, y residuos del propio dicloroetano y cloruro de vinilo, así como contaminantes orgánicos persistentes como dioxinas, furanos y aún PCB. (Stringer y Johnston, 2001; Costner P., 1995).

En distintos puntos del proceso de producción de DCE y cloruro de vinilo se pueden generar dioxinas. Particularmente en el proceso de producción de DCE por oxiclación se presentan todas las condiciones e ingredientes necesarios para la formación de dioxinas y furanos, ya que están involucrados oxígeno, cloro, compuestos orgánicos, catalizadores y temperaturas elevadas, por lo que es inevitable que se generen en este punto del proceso (PNUMA 2005, Costner, P. 1995); sin embargo, también en la purificación del dicloroetano por craqueo térmico o pirólisis (Costner, P. 1995; European Comisión, 1999) así como en la cloración directa, y en la oxidación térmica ó incineración de los desechos para recuperar ácido clorhídrico se pueden generar de manera involuntaria dioxinas y furanos (Costner, P. 1995).

Las liberaciones de dioxinas y furanos a la atmósfera. Se producen sobre todo en la incineración que se utiliza para el tratamiento de los gases de venteo en la salida de las distintas etapas del proceso con diversos tipos de hornos como oxidantes térmicos, hornos rotatorios, incineradores de inyección líquida e incineradores de lecho fluidizado (PNUMA, 2005; Costner P. 1995).

---

<sup>1</sup> El 1,2 dicloroetano puede sintetizarse de dos formas: por cloración directa o por oxiclación del etileno. En la cloración directa se produce una reacción química entre el cloro y el etileno usando generalmente catalizadores como cloruro férrico; en cambio, en la oxiclación la reacción química se realiza por la cloración de etileno con ácido clorhídrico (HCl) y oxígeno.

Las liberaciones de dioxinas y furanos al agua. En la fabricación del dicloroetano y monómero de cloruro de metilo se utilizan cantidades considerables de agua de procesamiento que es eliminada de la planta o bien se recicla en la mayor medida posible para regresarla al proceso de fabricación. El agua de procesamiento, que no se puede reciclar se descarga, sin más tratamiento o se dirige a una planta de tratamiento de aguas residuales (PNUMA Op.Cit.)

Liberaciones de dioxinas y furanos en los residuos. Hace referencia a los lodos de tratamiento de aguas residuales, el catalizador consumido y las colas pesadas en la depuración del dicloroetano, donde se han encontrado las mayores concentraciones de dioxinas y furanos (PNUMA Op. Cit.). El 1, 2 dicloroetano es purificado por destilación de la mezcla reactiva, proceso en el cual se generan residuos peligrosos llamados “colas livianas” y “colas pesadas”. Las colas livianas son los compuestos más volátiles que se desprenden en la destilación del dicloroetano. Las colas pesadas son menos volátiles y permanecen después de que el dicloroetano se ha evaporado. En particular, las colas pesadas pueden contener partes por millón de concentraciones de PCDD/F, convirtiéndolos en uno de los residuos con mayores concentraciones de dioxinas en la industria petroquímica. Adicionalmente también se ha identificado la existencia de PCB en este proceso (Stringer et. al. 2001 a,b,c,d, Costner P. 2005) ) Los problemas del tratamiento de estos desechos en el complejo Petroquímico Pajaritos y su incineración se analizarán en el próximo capítulo.

Se han encontrado dioxinas y furanos en las emisiones atmosféricas, en las descargas de agua residual, en los lodos de las plantas de tratamiento de efluentes, en residuos sólidos, así como en sedimentos y en aguas abajo de las descargas de las tuberías de las fábricas productoras de dicloroetano, cloruro de vinilo y PVC en Holanda, Reino Unido, España, Turquía, Italia y Estados Unidos (Thornton, 1997; Stringer y Johnston, 2001c; ). En un análisis de 27 muestras de residuos provenientes de nueve plantas productoras de dicloroetano y cloruro de vinilo realizado por Greenpeace entre 1994 y 1996 en Estados Unidos, se encontraron dioxinas o precursores de dioxinas en el 100% de las muestras sometidas a prueba (Duchin, M. 1997 ).

El Convenio de OSPAR para la protección del ambiente marino del nordeste atlántico en Europa establece para la producción de dicloroetano y cloruro de vinilo límites máximos de contaminación del aire y el agua con dioxinas, cloruro de vinilo, dicloruro de etileno, hidrocarburos clorados, cobre, ácido clorhídrico y sustancias químicas demandantes de oxígeno (cuadro 6, Pág. siguiente).

El cumplimiento de estos límites máximos son obligatorios para los países europeos que lo suscriban y se aplican a las nuevas plantas desde febrero de 1999, para las plantas existentes entrará en vigor desde el primero de enero del 2006 (OSPAR

Commission, 1998, Decisión 98/4; Stringer R, Johnston P, 2001). Para dioxinas el límite máximo de emisiones al aire es de 0.1 ng/Nm<sup>3</sup> y el límite máximo en agua después del tratamiento final es de 1 ug TEQ por tonelada de la capacidad de oxiclación de la planta. La Comisión Europea establece que adoptando las Mejores Técnicas Disponibles y realizando un monitoreo adecuado del control de gases de chimenea, emisiones fugitivas, tratamiento de efluentes y residuos se pueden alcanzar reducciones para dioxinas, cloruro de vinilo, dicloroetano, cloro y ácido clorhídrico (European Commission, 2003). El Convenio de Estocolmo hace obligatoria la adopción de sus Directrices sobre Mejoras Técnicas Disponibles para reducir y /o eliminar las fuentes generadoras de dioxinas para las nuevas inversiones, incluyendo las modificaciones a las fuentes generadoras existentes. Estas directrices aún se encuentran en borrador.

**Cuadro 6**

**Valores límite para las emisiones de las plantas productoras de dicloroetano y/o cloruro de vinilo, establecidos por el Convenio de OSPAR**

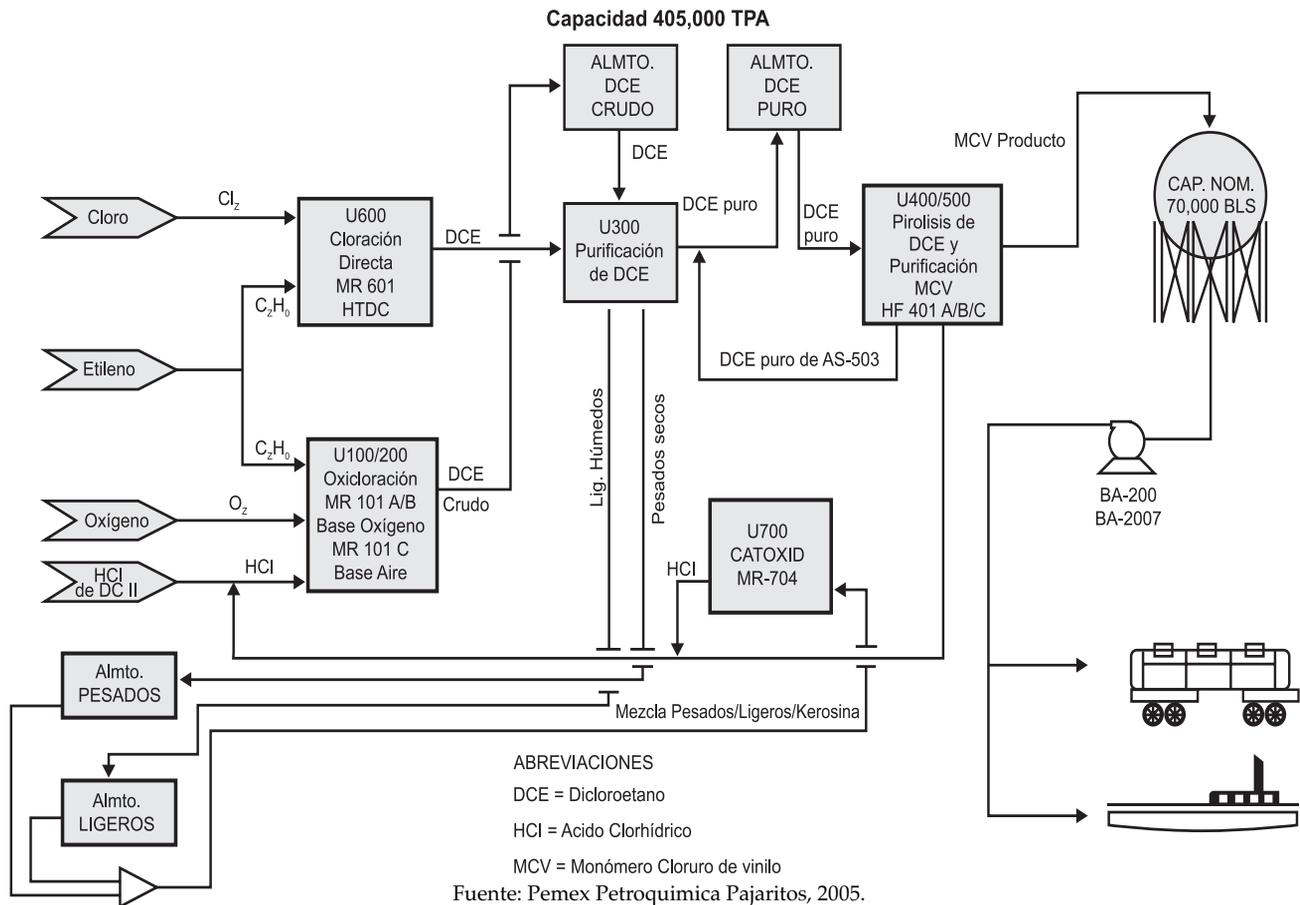
Substancia	Emisiones al	Valor Límite
Monómero de cloruro de vinilo	aire	5 mg Nm <sup>3</sup>
Dicloroetano (DCE)	aire	5 mg Nm <sup>3</sup>
dioxinas	aire	0.1 ng ITEQ Nm <sup>3</sup>
Hidrocarburos clorados	agua (antes del tratamiento secundario)	0.7 g por ton de capacidad de purificación DCE
cobre	agua (después del tratamiento final)	0.5 g por ton capacidad de oxiclación de las plantas
		Con reactores de lecho fijo
		1.0 g ton capacidad de oxiclación de las plantas
		Con reactores de lecho fluidizado
dioxinas	agua (después del tratamiento final)	1 ug TEQ por ton de capacidad de oxiclación de las plantas
Demanda Química de Oxígeno	agua (después del tratamiento final)	250 mg/l efluente

Fuente: Cuadro 5. Stringer, Lubuncka y Brinden, 2001a

En México, la producción de cloruro de vinilo se realiza exclusivamente en el Complejo Petroquímico de Pajaritos donde se encuentran tres plantas de dicloroetano por cloración directa y una planta de dicloroetano por oxiclación. Operaban allí además dos plantas de cloruro de vinilo (Derivados Clorados II y III) de las cuales sólo subsiste la planta de Derivados Clorados III que se amplió, como vimos en el capítulo anterior, y cuyo diagrama de flujo por bloques se presenta en la Figura 6 .

Figura 6

Diagrama de Bloques Planta Cloruro de Vinilo III Pajaritos



Stringer *et al.* (Op. Cit), reportaron en el año 2000 la presencia de organoclorados de tipo volátil (especialmente 1,2 dicloroetano y cloruro de vinilo) y semivolátil en sedimentos cerca de las descargas del Complejo Petroquímico Pajaritos, compuestos característicos de los procesos de producción de cloruro de vinilo (Cuadro 5, Metales pesados y COVs). No se conocen de mediciones de dioxinas, furanos o PCB en los sedimentos del Arroyo Teapa y del río Coatzacoalcos, pero es probable que se encuentren contaminados con ellos.

El Instrumental del PNUMA propone factores de emisión de dioxinas con antigua tecnología y en plantas modernas con producción de dicloroetano (DCE)- monómero cloruro de vinilo (MCV) y DCE-MCV-PVC en la atmósfera, agua, productos y residuos; los factores propuestos son diferentes para algunos de estos medios según el borrador del 2001 ó la última versión publicada del 2005 (PNUMA, 2001, 2005); sin embargo, sus factores están muy por abajo al compararse con otras estimaciones realizadas en Alemania, incluidas en el inventario de dioxinas europeo ó en los cálculos basados en los propios reportes de la industria del PVC al Inventario de Emisiones Tóxicas en los Estados Unidos (Toxic Release Inventory), analizados por Costner (Costner, P. 2003 y 2005).

La producción de PVC de Estados Unidos se estimó en 13,490,000 toneladas en el 2002<sup>1</sup>. En el mismo año, las empresas productoras de DCE/MCV/PVC en los Estados Unidos reportaron al Inventario de Emisiones Tóxicas (TRI) que habían liberado 5,447 gramos I-TEQ de dioxinas al ambiente en su conjunto<sup>2</sup>. Según estos datos Pat Costner calcula que el factor de dioxinas liberados al conjunto del medio ambiente fue de 400 mg I-TEQ/ton., en los Estados Unidos en el 2002. En el Inventario de dioxinas europeo de 1997 se indica que en Alemania las liberaciones de dioxinas en agua para DCE/MCV/PVC han llegado a ser de 400 mg I-TEQ/ton, mientras que el Instrumental del PNUMA del 2005 propone un factor de 0.5 mg I-TEQ/ton para las plantas modernas. Para el aire el instrumental del PNUMA en el 2005 propone 0,4 mg I-TEQ/ton para plantas modernas mientras que en el inventario europeo se da un rango de 0.1-33 mg I-TEQ/ton; como se puede apreciar las diferencias son muy grandes. En el caso de las tecnologías antiguas el Instrumental del PNUMA del 2005 no proporciona ningún factor para aire, productos y residuos.

La medición en sitio de las liberaciones totales ambientales de dioxinas y furanos en la producción de DCE y MCV para el Complejo Petroquímico de Pajaritos es una necesidad que merece discutirse a fondo en el plan nacional de aplicación del Convenio de Estocolmo; esto con la finalidad de realizar un cálculo más aproximado a la realidad cuando se actualice el inventario de dioxinas en México y se informe públicamente de estas liberaciones en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

### **Otros riesgos del dicloroetano y el monómero de cloruro de vinilo para la salud de trabajadores y comunidades**

*El dicloroetano y monómero de cloruro de vinilo son cancerígenos y un riesgo para la salud de trabajadores y comunidades*

En el análisis de los riesgos inherentes del proceso productivo del monómero de cloruro de vinilo es necesario considerar además de los COP la toxicidad de las sustancias químicas empleadas y sintetizadas durante el proceso mismo que pueden afectar la salud de los trabajadores y comunidades vecinas. Tanto el 1,2 dicloroetano como el cloruro de vinilo son sustancias tóxicas que pueden provocar cáncer en humanos. A) El dicloroetano es clasificado como un posible carcinógeno en humanos por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, clasificación 2B) y puede ser tóxico a concentraciones muy bajas para ser percibidas por el olfato. El dicloroetano es volátil y la principal ruta de exposición es por inhalación. Se distribuye a todos los tejidos del cuerpo y puede pasar tanto la barrera del cerebro como la placenta. B) El cloruro de vinilo no tiene color y es un gas de olor dulce bajo condiciones normales. Mezclado con el aire puede ser explosivo y causa una amplia variedad de efectos tóxicos. El cloruro de vinilo es un conocido carcinógeno humano (Grupo I de la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC). Numerosos estudios muestran que causa un tipo de cáncer del hígado (angiosarcoma) en los trabajadores y hay más de 20 artículos científicos y dos revisiones independientes del IARC que muestran que el cloruro de vinilo en humanos y animales puede provocar tumores cancerosos en múltiples sitios, incluyendo cáncer del cerebro y sistema nervioso, pulmones y tracto respiratorio (Stringer y Johnston 2001c; Sass, Castleman, Wallinga, July 2005; Sass et al. October 2005).

Se ha dado a conocer a la opinión pública memorandums internos de toxicólogos de la industria que manufactura PVC en Estados Unidos en los que se demuestra que desde 1959 Dow, B.F. Goodrich y otras empresas conocían la patología del hígado producida en experimentos en conejos, por la exposición de cloruro de vinilo en cantidades iguales a los límites de exposición permitidos en esa época para los trabajadores (500 ppm). Sin embargo, esta información se mantuvo oculta a los trabajadores, al público y a las autoridades. De manera similar, corporaciones estadounidenses y europeas (Dow e ICI, entre otras) trataron de mantener en secreto las evidencias obtenidas en experimentos con ratones en 1972, de que el cloruro de vinilo, a exposiciones de 250 ppm, provoca cáncer del hígado (angiosarcoma) y riñones. No fue sino hasta principios de 1974, que la opinión pública conoció de los problemas que causa el cloruro de vinilo debido a la muerte de tres trabajadores en la planta de cloruro de vinilo de B.F. Goodrich en Loiusville, Kentucky por angiosarcoma en el hígado. Esto generó una gran polémica y conflictos que finalmente llevó a reducir a 1 ppm los límites tolerables de exposición de cloruro de vinilo en los trabajadores. (Sass et. al.; Markowitz y Rosner 2002).

Científicos de diversas organizaciones ciudadanas han denunciado que la poderosa industria química de Estados Unidos representada por la Chemical Manufacturers Association, donde participa la industria del cloro; trabajó con, e influyó directamente a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) en la revisión de los efectos toxicológicos del cloruro de vinilo y en la estimación de su potencia como agente cancerígeno que fue publicada en el año 2000. La participación de la industria influyó en gran medida para que la EPA no considerara las evidencias de que el cloruro de vinilo causa otros tipos de cáncer además del hepático y redujo en 10 veces los valores previamente usados en las regulaciones ambientales. La EPA violó sus propias guías de evaluación de cáncer, en las que recomienda considerar los riesgos acumulados y sumar la potencia de cada tipo de tumor en múltiples sitios. Todo ello, refleja una práctica científica y regulatoria muy cuestionable que favorece a la industria del PVC, al reducir el costo de las medidas de control de la contaminación y de limpieza ambiental. Además, el hecho de no considerar otros riesgos de cáncer además del cáncer del hígado puede tener importantes implicaciones en los juicios de compensación promovidos por los trabajadores afectados por otros tipos de cáncer. En la administración Bush, la tendencia de la EPA a incorporar a las corporaciones en las evaluaciones de información toxicológica y evaluaciones compromete seriamente su credibilidad. (Sass, et. al. Op. Cit.).

#### **4.3 La polimerización y los aditivos del PVC**

La tercera fase de la producción del PVC es su polimerización. En esta fase, las partículas del monómero de cloruro de vinilo se van aglomerando, mediante los procesos de masa, suspensión y emulsión hasta producir la resina de PVC en forma de polvo blanco; este es un material al que se le mezclan diversos aditivos para hacerlo flexible o rígido según los productos finales de PVC. La polimerización del PVC se realiza fuera de la región de Coatzacoalcos pero se incluye en este informe con la finalidad de tener una visión integral del ciclo tóxico de este plástico.

El proceso de polimerización del PVC inevitablemente produce liberaciones del cloruro de vinilo en el lugar de trabajo y el medio ambiente. Considerando que el cloruro de vinilo es altamente volátil y ligeramente soluble en agua, las principales rutas de liberación son al aire y en los efluentes de descarga. En muestreos realizados en el año 2000, por Greenpeace a los efluentes y sedimentos próximos a las instalaciones de la empresa Primex en Altamira, Tamaulipas, donde se polimeriza el cloruro de vinilo, se encontraron concentraciones de este producto 15 veces mayores a las permitidas por la legislación europea en este tipo de plantas, y de 58 a 91 veces mayores que las permitidas en Estados Unidos. Además de altas cantidades de cloruro de vinilo se encontraron otros contaminantes hidrocarburos contaminantes en los efluentes (Stringer, Labunska y Bea 2001d)

Al PVC se le añade un gran número de aditivos que cambian sus propiedades físicas y mecánicas para adecuarse mejor a los productos de consumo que se desea colocar en el mercado. Por ejemplo, los plastificantes se agregan para “suavizar” el PVC y hacerlo moldeable; los estabilizadores son usados para prevenir la degradación por el calor o por la radiación ultravioleta y los retardantes de llama para que no se encienda con facilidad. Es muy importante hacer notar que estos aditivos incluyen sustancias químicas tóxicas que están mezclados con el PVC, pero no se encuentran unidas o enlazados químicamente con él, por lo que tarde o temprano tienden a desprenderse y liberarse en el medio ambiente.

*Los aditivos del PVC contienen metales pesados y ftalatos que son un peligro para la salud*

Entre los aditivos plastificantes más comunes encontramos diversos ftalatos (di-2-etilhexilftalato (DEHP), di-isonilftalato (DINP) y di-isodecilftalato (DIDP)). Los ftalatos causan daños en el desarrollo y reproducción, alteraciones de las funciones del hígado y riñones y han sido asociados a problemas respiratorios en los niños. Diversos estudios han encontrado que ftalatos como DEHP y DINP han migrado de los envases contenedores de comida de PVC, juguetes y otros productos fabricados con PVC. Los ftalatos y otros aditivos también se evaporan o se desprenden de los materiales de PVC como losetas y cortinas; por ejemplo, el olor “a carro nuevo” o el que se huele al abrir una nueva cortina de baño son ftalatos que se evaporan del producto de PVC (Belliveau y Lester Op. Cit.). En julio del 2005 el Parlamento Europeo impuso una prohibición permanente sobre el uso de seis ftalatos (DEHP, DBP, BBP, DINP, DIDP, DNOP) en juguetes de plástico para niños, como una medida preventiva que evitará que los niños al poner los juguetes en su boca traguen los ftalatos que se han mezclado con su saliva (Be safe PVC, 2005).

Entre los estabilizadores más usados que se añaden al PVC, encontramos metales como el plomo, cadmio, zinc, antimonio y los compuestos orgánicos de estaño. El plomo es un conocido causante de problemas en el desarrollo. El cadmio causa cáncer y daños en el hígado. Los compuestos orgánicos de estaño o compuestos organoestánicos (tributyltin, tetrabutyltin, monoocetyl tin, dioctyltin), introducidos para reemplazar al plomo y cadmio, son también tóxicos, afectan el sistema nervioso central, la piel, el hígado, el sistema reproductivo y el sistema inmunológico. Se ha observado que el plomo usado como aditivo migra de los juguetes o las ventanas de PVC (Belliveau y Lester, 2004).

Entre los retardantes de flama más usados como aditivos al PVC se encuentran: las parafinas cloradas que son tóxicas para el hígado y los riñones de animales, y

particularmente aquellas de cadena corta causan cáncer en animales y son posibles carcinógenos en humanos, además de ser persistentes y bioacumulables - por lo que incluso algunos países consideran proponerlos como nuevos COP en el Convenio de Estocolmo. Otros compuestos tóxicos usados como retardantes de flama son el trióxido de antimonio (usado en cables eléctricos flexibles), sospechoso de causar cáncer en humanos y al inhalarse, tóxico para pulmones, corazón, ojos y piel; y los ésteres fosfatados (TDCPP) (usados en pisos, por ejemplo) que presentan también riesgos de provocar cáncer y daños reproductivos (Belliveau y Lester Op. Cit.).

#### **4.4 La disposición final de los productos desechados de PVC**

Los objetos de consumo elaborados con PVC que terminan como desechos y van a parar generalmente a los basureros, pueden con el tiempo liberar los aditivos tóxicos contenidos en ellos y contaminar el suelo y mantos acuíferos. Por otra parte, la quema de los productos o materiales con PVC genera nuevos contaminantes, las dioxinas y furanos, sea que se realice a cielo abierto o en incineradores de residuos sólidos urbanos y en incineradores de residuos médicos hospitalarios, en los incendios accidentales de edificios o casas con productos hechos con PVC o en los procesos térmicos de la industria siderúrgica para la recuperación de cobre a partir de chatarra computacional y electrónica conteniendo PVC. En estos casos además se liberan metales pesados usados como aditivos y otros contaminantes. Hay que recordar que un producto hecho con PVC puede contener entre un 14 a 53% de contenido de cloro.

El reciclaje del PVC resulta problemático, aunque ha sido promovido por la industria del vinilo en algunos países de Europa y Estados Unidos para hacerlo parecer más aceptable. Siin embargo, un estudio de Greenpeace detalla como el porcentaje de reciclaje del PVC es uno de los más bajos de todos los plásticos, es incompatible para la mezcla con otros plásticos (PET y Polipropileno) por las diferencias en las temperaturas para su moldeo; su separación representa un alto costo, reciclar PVC es más caro que el PVC virgen y da un producto de menor calidad. El reciclaje químico del PVC es costoso, contaminante y un gran consumidor de energía y puede tener impactos negativos en los trabajadores y el medio ambiente (Van der Naald y Torpe, 1998; Belliveau y Lester Op. Cit ).

#### **4.5 La sustitución del PVC**

En resumen, el ciclo de vida del PVC es un ciclo tóxico y representa un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Es por ello que diversas organizaciones ambientales, bomberos, sindicatos, enfermeras, instituciones y gobiernos recomiendan sustituir el PVC como material en la construcción, los equipos médicos, el material de empaque y en todos los demás usos.

Numerosas empresas han eliminado o trabajan para retirarlo de sus productos e instalaciones. Nike, Volvo, the Body Shop, JM, H&M, Svenska Bostder, Sony, los líderes suecos de la construcción, y varias empresas automotrices han adoptado restricciones al uso del PVC; Honda, por ejemplo, ha establecido como meta no usar este material en sus

automóviles para el año 2010. La Villa Olímpica de Sydney en el 2000, se diseñó minimizando el uso de PVC. En Alemania no se permite enviar PVC a los rellenos sanitarios, y existen iniciativas para el retiro gradual del PVC suave y el retiro de plomo y cadmio como aditivos de este plástico. En España, 62 ciudades se han declarado libres de PVC y premian fiscalmente a los constructores que evitan su uso. Wall Mart se ha comprometido a eliminar el uso del PVC como material de empaque en su línea de productos con su marca en Estados Unidos, en tanto que Microsoft planeaba retirarlo completamente para fines del 2005 como material de empaque de sus productos, siguiendo el ejemplo de Hewlett Packard (Beverly 2005; Bellievau y Lester Op. Cit.).

*Empresas y gobiernos están sustituyendo el PVC en la mayoría de sus usos*

La Red internacional de Cuidado a la Salud Sin daño, realiza una campaña internacional para el retiro del PVC como material empleado en productos médicos usados en hospitales, especialmente en las unidades de terapia intensiva neonatal, por el riesgo de liberación del aditivo ftalato DEHP (Rossi, 2001). A fines de 1970 y mediados de los 90 se hicieron estimaciones del costo que implicaría sustituir al PVC en sus principales usos, en Estados Unidos y Canadá y se concluyó que el costo de sustitución se reducirá a futuro, en la medida en que surjan alternativas para los principales usos (Ackerman y Massey 2003).

## **5. La incineración de residuos peligrosos en el Complejo Petroquímico Pajaritos**

La incineración de residuos organoclorados es una fuente conocida de dioxinas y furanos. En los años de funcionamiento del Complejo Petroquímico Pajaritos, se han instalado, desmantelado y adquirido en distintos momentos y de manera sucesiva, tres incineradores para tratar los residuos peligrosos generados en el complejo e incluso recibir desechos acumulados y originados en otras plantas industriales.

Petroquímica Pajaritos, inició y culminó las obras del Incinerador I y II sin tener la autorización en materia de riesgo y de impacto ambiental y sin poseer la autorización de operación, ambas previstas en las leyes ambientales del país (Semarnap. Subprocuraduría de Verificación Industrial. Dirección General de Inspección Industrial, 1996; Secretaría de Desarrollo Social, INE, 1995b).

El 21 de noviembre de 1995, el delegado de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente-Veracruz, ordenó a las autoridades del Complejo Petroquímico Pajaritos la realización de medidas correctivas de urgente aplicación a los Incineradores I y II, entre las que destacan la presentación de los protocolos de pruebas para ambos incineradores, así como la indicación de que no se debía continuar con el funcionamiento de los incineradores hasta no contar con las autorizaciones correspondientes (Semarnap. Subprocuraduría de Verificación Industrial. Dirección General de Inspección Industrial, 1996).

El incinerador I formó parte del Proyecto de Tratamiento de Efluentes, con una capacidad instalada de 3 434 ton/año, para quemar los residuos hexaclorados procedentes de las plantas de fabricación de tetracloruro de carbono y percloroetileno; recuperándose 51

ton/ día de ácido clorhídrico que se vendería para ser usado en limpiadores domésticos. Los hexaclorados incinerados eran una mezcla de hexacloroetano (36.9%), hexaclorobutano (33.9%), hexaclorobenceno (29,2 %) y Fe (38.0 %) ( Semarnap-INE. Dirección General de Normatividad Ambiental, 1995). El incinerador I, de tecnología japonesa, según ingeniería Nittetu Chemical Engineering L.T.D, fue programado para entrar en funcionamiento en noviembre de 1990; sin embargo, problemas técnicos de diseño relacionados con la alta generación de dioxinas postergaron su funcionamiento. Su instalación se reinició en 1995 y operó de manera intermitente hasta febrero de 1997. Aunque contaba con una capacidad instalada para tratar 3,434 ton/año, la información proveniente de Pemex indica que aunque el incinerador poseía una gran capacidad de incineración, solo se trataron alrededor de 1120 ton/año de residuos durante su período de funcionamiento.

El incinerador II estaba integrado al “Sistema Integral de Tratamiento de Efluentes”, para recuperar ácido clorhídrico con una concentración de 35% en peso y con capacidad para incinerar 100 ton/día.. Proporcionaba el servicio de incineración de residuos líquidos de las plantas Derivados Clorados II, Derivados Clorados III y Acetaldehído en el mismo complejo petroquímico Pajaritos además de recibir crotoaldehído de la planta de Acetaldehído del Complejo Petroquímico Cangrejera (Secretaría de Desarrollo Social. INE, 1995). Los residuos incinerados comprendían una mezcla de tricloroetano, dicloroetano, cloruro de vinilo así como una solución acuosa conteniendo cloroacetaldehído (Semarnap. Subprocuraduría de Verificación Industrial. Dirección General de Inspección Industrial, 1996).

La PROFEPA-Delegación Veracruz en la inspección realizada a Petroquímica Pajaritos, S.A. de C.V el 3 de junio del 2001, señaló una serie de hechos y omisiones graves del incinerador II, por las que se concluía que seguía:

- ▶ (...)Contribuyendo a incrementar las condiciones de los diferentes contaminantes del aire, provocando el deterioro de su calidad, ocasionando daños que van desde irritaciones leves hasta los daños irreversibles, principalmente ocasionados en ojos, pulmones y vías respiratorias. Esto se debe a que los gases de combustión, junto con las partículas suspendidas, además de incrementar el fenómeno de la lluvia ácida y la contaminación fotoquímica, son componentes dañinos del aire respirable por encontrarse, debido a su pequeño tamaño, durante más tiempo suspendidos en la atmósfera, facilitando su inhalación y penetración profunda en las vías respiratorias y constituyen un riesgo inminente de desequilibrio ecológico con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes o para la salud pública.(...)”
- ▶ “(...)contribuyendo a incrementar el potencial de riesgo para el ambiente y para la salud humana, toda vez que el mal manejo de estos residuos puede provocar que sean absorbidos o lixiviados en suelos, mantos freáticos y aguas superficiales, o bien pueden entraren contacto con la población bioacumulándose en las cadenas ocasionando diversos efectos adversos a la salud publica (..)”.

- ▶ (...)sin evitar ni reducir al mínimo los efectos posiblemente causados al ambiente por la obra o actividad, toda vez que se desarrollan sin autorización, sin las medidas de protección y preservación de los ecosistemas, desconociéndose la magnitud de los posibles impactos y daños que se pudieran provocar a los ecosistemas.(...)
- ▶ (...) sin gestionar su documentación de trámites administrativos ante la autoridad ambiental federal, por lo que persiste la omisión de proporcionar la información necesaria que permitiera relacionar los contaminantes que genera en su proceso productivo y los posibles efectos ambientales que pudiesen provocar, de forma que se puedan prevenir y disminuir los daños al ambiente y a la salud pública.(..)" (PROFEPA Delegación Veracruz, 2001. Expediente 30-41-UV-030/01)

En 2002 la SEMARNAT, recibió de Petroquímica Pajaritos, S.A. de C. V., la solicitud para que se le autorizara a incinerar un mayor volumen de residuos peligrosos, pasando de 30 a 60 ton/día de hidrocarburos clorados pesados, así como una prórroga en el tiempo concedido para la operación del Incinerador II, extendiéndose del 31 de diciembre de 2001 al 31 de marzo de 2003, basados en el argumento de que Petroquímica Pajaritos no desarrolló el proyecto de "Rehabilitación, Modificación y Reacondicionamiento del Incinerador II" y al hecho de que al incrementar la capacidad de operación, se incrementaría la carga de contaminantes al ambiente.

La escasa información publicada no permite un análisis a mayor profundidad de los incineradores I y II del Complejo Petroquímico de Pajaritos; sin embargo, el registro de los resultados de los protocolos de prueba y las emisiones de chimenea efectuadas en 1996 con los estándares solicitados y actuales establecidos por el INE, nos permiten vislumbrar los posibles impactos negativos en la salud de la población de la región de Coatzacoalcos (Semarnap. INE. Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, 1996, Méndez, 1999). (Ver Cuadros 7 y 8, siguiente página).

*Los incineradores del Complejo Petroquímico Pajaritos han violado regulaciones ambientales y recibido multas de la Profepa*

El análisis de los resultados de los protocolos de prueba de 1996 de los Incineradores I y II, anotan que no se efectuaron mediciones de dióxido de azufre, cadmio y mercurio; que las mediciones de partículas en el caso del Incinerador I no se consideran suficientes. Las observaciones más relevantes en ambos casos, comprenden las mediciones insuficientes de dioxinas y furanos, las cuales excedieron en gran medida los límites máximos propuestos por el mismo protocolo de Pemex y los establecidos en esa época por el INE. Como se aprecia en el cuadro 3, los límites de dioxinas y furanos fueron de 0.259 Ng/m<sup>3</sup> TEQ y de 8.26 Ng/m<sup>3</sup> TEQ en los incineradores I y II, respectivamente, cuando los límites propuestos por Pemex corresponden a < 0.2 mg/m<sup>3</sup> y los del INE a 0.1 Ng/m<sup>3</sup>TEQ (cuadros 7 y 8 siguiente página).

El incinerador II sale de operación en 2002 (PEMEX. Memoria de Labores, 2002) y en las obras de modernización de la planta Derivados Clorados III se reemplazó por un incinerador nuevo ("oxidador térmico" vertical) para tratar residuos líquidos clorados y también los gases de desecho, aunque no de manera simultánea, y así servir como equipo de respaldo al Quemador de Gases de Venteo, que se alimenta de seis corrientes separadas de gases provenientes de distintos tanques de la planta, con la finalidad de recuperar el

calor de la reacción (como vapor de alta presión) y ácido clorhídrico ó ácido muriático (HCL) como subproducto del tratamiento de limpieza de gases. El oxidador térmico tiene una capacidad para tratar 100 tons al día de residuos peligrosos clorados líquidos (dicloroetano, tricloroetano y clorohidrocarburos pesados), manteniendo un mínimo de 25 % de aire en exceso para la combustión, a una temperatura mínima de operación de 982 ° C y un tiempo mínimo de residencia de 1.5 segundos “para asegurar la destrucción de los compuestos clorados”(sic). (Duro Felguera, S.A.2002, PEMEX Petroquímica Pajaritos, 2003)). (ver fotos Incinerador II e Incinerador actual)

**Cuadro 7**  
**Resultados del protocolo de prueba para los incineradores I y II de Petroquímica Pajaritos**

CONTAMINANTES OBJETIVO DEL PROTOCOLO PRESENTADO POR PEMEX		RESULTADOS DE EMISIONES EN CHIMENEA				PROPUESTA INE
		INCINERADOR I mg/m <sup>3</sup>	EVALUACIÓN	INCINERADOR II mg/m <sup>3</sup>	EVALUACIÓN	
PARTÍCULA	0.8 GR/f +3	206	NO SUFICIENTE	13	SUFICIENTE	42 mg/m <sup>3</sup>
CO	< 50 ppm	34	SUFICIENTE	46	SUFICIENTE	140 mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	< 100 ppm	NO SE MIDIO		NO SE MIDIO		420 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	< 100 ppm	436	SUFICIENTE	182	SUFICIENTE	705 mg/m <sup>3</sup>
HCL	8 ppm	40.5	SUFICIENTE	413	NO SUFICIENTE	70 mg/m <sup>3</sup>
HCT		NO SE MIDIO		NO SE MIDIO		28 mg/m <sup>3</sup>
HCF		NO SE MIDIO		NO SE MIDIO		28 mg/m <sup>3</sup>
DIOXINAS Y FURANOS	< 0.2 mg/m <sup>3</sup>	<u>0.259 Ng/m<sup>3</sup></u> TEQ	NO SUFICIENTE	8.26 Ng/m <sup>3</sup> TEQ	NO SUFICIENTE	0.1 Ng/m <sup>3</sup> TEQ
METALES PESADOS						
Cd Y Hg	NO SE MIDIO	NO SE MIDIO		NO SE MIDIO		0.14 mg/m <sup>3</sup>
Co, Se, Ni, Mn y As	*	*				0.5 mg/m <sup>3</sup>
Pb,Cr,Cu y Zn	*	*				0.5 mg/m <sup>3</sup>

Semarnap. INE, 1996. Oficio DOO.800/26 de septiembre

Finalmente, con los cambios hechos a la normatividad ambiental (NOM-098-SEMARNAT-2002) que regula las emisiones atmosféricas de los incineradores, los límites a las emisiones de dioxinas y furanos son muy flexibles, pues se toleran emisiones al aire de 0.2 ng/m<sup>3</sup> TEQ para instalaciones nuevas y de 0.5 ng/m<sup>3</sup> TEQ para instalaciones existentes (ver cuadro 9), que son límites mucho mayores que los autorizados para las emisiones de dioxinas al aire por el Convenio de OSPAR en la Unión Europea para las plantas de cloruro de vinilo de 0.1 ng ITEQ ng/m<sup>3</sup>, como indicábamos en el cuadro 6.

**Cuadro 8**  
**Límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera para instalaciones de**

CONTAMINANTE	LIMITE DE EMISION	FRECUENCIA DE MEDICION	NORMA QUE APLICA O METODO
CO (mg/m <sup>3</sup> )	63	CONTINUO	Infrarrojo No Dispersivo y Celda Electroquímica Anexo 1
HCl (mg/m <sup>3</sup> )	15	TRIMESTRAL	NMX-AA-070-1980
NOx (mg/m <sup>3</sup> )	300	SEMESTRAL	Quimiluminiscencia Anexo 2
SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	80	SEMESTRAL	NMX-AA-55-1979
PARTICULAS (mg/m <sup>3</sup> )	50	SEMESTRAL	NMX-AA-10-SCFI-2001
ARSENICO SELENIO COBALTO NIQUEL MANGANESO ESTAÑO (mg/m <sup>3</sup> )	0.7*	SEMESTRAL	Espectrometría de absorción atómica. Anexos 3 y 4
CADMIO (mg/m <sup>3</sup> )	0.07	SEMESTRAL	Espectrometría de absorción atómica. Anexos 3 y 4
PLOMO CROMO total COBRE ZINC (mg/m <sup>3</sup> )	0.7*	SEMESTRAL	Espectrometría de absorción atómica. Anexos 3 y 4
MERCURIO (mg/m <sup>3</sup> )	0.07	SEMESTRAL	Espectrometría de absorción atómica con vapor frío Anexos 3 y 4
DIOXINAS Y FURANOS EQT (ng/m <sup>3</sup> ) Instalaciones de incineración nuevas	0.2	ANUAL	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas de alta resolución Anexo 5A
DIOXINAS Y FURANOS EQT (ng/m <sup>3</sup> ) Instalaciones de incineración existentes antes de la publicación de esta NOM.	0.5	ANUAL	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas de baja resolución Anexo 5B

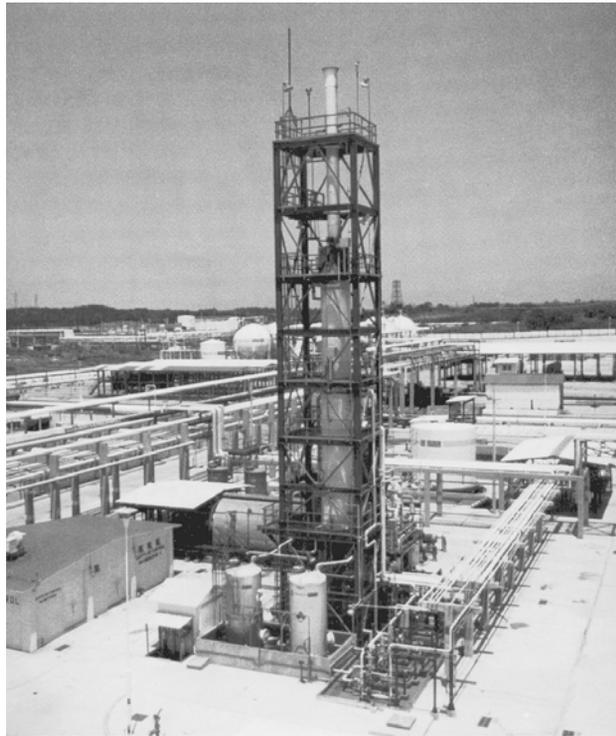
Todos los valores están referidos a condiciones estándar: 1 atmósfera, base seca, 25°C y 7% de Oxígeno O<sub>2</sub>, de acuerdo a NOM-085-SEMARNAT-1994.

\* Suma total metales pesados.

\*\* Todas las mediciones deben estar registradas en bitácora.

Fuente: NOM-098-SEMARNAT-2002

**incineración de residuos**



Fuente: Petroquímica Pajaritos S.A. de C.V. s/f

**Foto 2 Incinerador II, Complejo Petroquímico Pajaritos, 2002**



Fuente: Diario del Istmo, marzo 2005, Coatzacoalcos, Veracruz.

**Foto 3. Incinerador actual con la modernización de la planta Derivados Clorados III**  
**6. EL MANEJO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS HEXACLORADOS Y LA IMPUNIDAD AMBIENTAL EN EL COMPLEJO PETROQUIMICO DE PAJARITOS**

Los residuos peligrosos hexaclorados generados durante los 11 años (1987-1997) que operaron las plantas de percloroetileno y tetracloruro de carbono en el Complejo Petroquímico de Pajaritos, alcanzaron un volumen de 9 500 ton. y se fueron almacenando en tambos de acero dentro del mismo complejo. El manejo realizado por Pemex de estos desechos peligrosos, así como la contratación del servicio de empresas privadas, para su confinamiento o incineración en Estados Unidos de Norteamérica, se caracterizó por una serie de irregularidades que ocasionaron la imposición de multas y sanciones frecuentes por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA) y que se describen a continuación para cada una de las empresas involucradas.

RIMSA

En diciembre de 1996 Pemex licitó el transporte y la incineración de 2 000 ton de residuos peligrosos hexaclorados, cuyo concurso ganó la empresa Residuos Industriales Multiquim, S.A. de C. V. (RIMSA). RIMSA transportó la mayoría de los residuos al confinamiento de residuos peligrosos, situado en Minas, Nuevo León y posteriormente exportó a Texas, Estados Unidos de Norteamérica, 15 930 Kg. de hexaclorados sólidos para su incineración en el Port Arthur Treatment Complex de la empresa Chemical Waste Management, Inc., el 3 de febrero de 1997 (Diario 21, 5 de septiembre del 2001).

En septiembre de 1997, Pemex llevó una nueva licitación pública para la incineración de 2,300 ton de residuos peligrosos; siendo nuevamente RIMSA la ganadora del concurso. El certificado de incineración de la Chemical Waste Management, Inc. consignaba una cantidad de 20 000 Kg. de sólidos, los cuales fueron recibidos el 1 de diciembre de 1997 y destruidos el 30 de marzo de 1998 en el Port Arthur Treatment Complex (Diario 21, Op. Cit.).

*A las empresas contratadas por Pemex para el manejo de residuos peligrosos les han impuesto multas y sanciones por su mal manejo*

A finales de septiembre de 2001, RIMSA fue sancionada por la Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo (SECODAM), inhabilitándola para ofrecer sus servicios a los tres niveles de gobierno por un año, por no efectuar la destrucción correcta de 11.500 toneladas de residuos peligrosos – hexaclorados – generados en la planta de Percloroetileno de Petroquímica Pajaritos (Secodam, 2001).

PEMEX

El 13 de abril de 1999, la PROFEPA efectuó una visita a la Empresa Petroquímica Pajaritos, S.A. de C.V. y constató la existencia de 5.200 ton de residuos de hexaclorados confinados en dos áreas diferentes: 12.000 ton fuera de las instalaciones y guardadas en un almacén y 4 000 ton expuestas en tambos a la intemperie, sin ninguna protección, por lo que se le multó con la cantidad de 172 mil pesos (Resolución No U.J.O. 48/99). De igual manera PROFEPA le ordenó a Petroquímica Pajaritos que se efectuaran tres medidas urgentes: el almacenamiento de los residuos peligrosos hexaclorados de manera apropiada, como

establece la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; el transvase de los hexaclorados almacenados a nuevos recipientes que cumplieran con las condiciones de seguridad previstas en la normatividad ambiental correspondiente; y el envío de los residuos peligrosos a un confinamiento controlado con una compañía debidamente autorizada por el Instituto Nacional de Ecología (Profepa. Subdelegación de Verificación Industrial. Delegación Veracruz, 2001).

#### Proyectos Designa S.A. de C.V.

Para dar cumplimiento a las recomendaciones de PROFEPA, en junio de 1999, Pemex-Petroquímica, licitó los servicios de tratamiento integral de las 5.200 ton de residuos peligrosos hexaclorados, pero la licitación se declaró desierta, debido a que los participantes no cumplieron con las bases técnicas del concurso. En septiembre del mismo año, se concursó nuevamente, pero en esta ocasión la Contraloría Interna Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo decretó una suspensión temporal del concurso, por inconformidades presentadas por las compañías participantes. En febrero del 2000, se realizó nuevamente el concurso para la contratación del servicio de “Reenvasado de los Residuos Hexaclorados y descontaminación de los contenedores para su disposición, almacenados en Petroquímica Pajaritos, S. A. de C.V.”, licitación en la que participaron cinco empresas, resultando ganadora la empresa Proyectos Designa, S.A. de C. V. (Diario del Istmo, 20 de Octubre, 2000).

La compañía Designa se caracterizó por realizar un mal manejo en el reenvasado de las 4.500 ton de residuos hexaclorados que debían ser almacenadas y enviadas al Incinerador II del Complejo Petroquímico de Pajaritos. Según inspección del 24 de agosto del 2000, PROFEPA encontró derrames en las operaciones de vaciado del contenedor de hexaclorados a las tolvas y un mal estado de las obras de contención y escurrimientos al drenaje pluvial que desembocaban en el Arroyo Teapa, afluente del Río Coatzacoalcos. Además se observaron 272 contenedores abiertos conteniendo trazas de residuos de hexaclorados sobre las paredes internas de estos, con agua de lluvia en una tercera parte del contenedor, algunos en muy mal estado, y con escurrimientos hacia el canal pluvial que desemboca en el Arroyo Teapa (Designa, 2000).

El 31 de diciembre del 2000, las restantes 5.200 ton de residuos de hexaclorados del pasivo ambiental del Complejo Petroquímico Pajaritos fueron transportadas por barco desde la Terminal Marítima de Pajaritos hacia las instalaciones de la empresas “Onyx Environmental Service Inc.(Port Arthur, Texas)”, donde arribaron el 10 de enero del 2001. El certificado de incineración señala 20 bolsas de Hexaclorados sólidos de una tonelada métrica que fueron incinerados el 26 de febrero del año 2001 (Diario 21, 5 de septiembre del 2001).

La empresa Designa también incineró a cielo abierto, sin autorización, residuos contaminados con hexaclorados, según consta en visita de inspección realizada por la PROFEPA Veracruz el 26 de febrero del 2001, debido a una denuncia anónima. Según declaró el representante legal de la empresa, el 24 de febrero del 2001 fueron incinerados 18 supersacos de polietileno (presumiblemente utilizados durante el proceso de reenvasado

de hexaclorados) conteniendo residuos sólidos municipales, sin notificar a ninguna autoridad o dependencia, ni contar con autorización (Profepa. Delegación Veracruz. Subdirección Jurídica, 2001).

El 12 de marzo del 2001, la PROFEPA-Veracruz, practicó nuevamente otra visita de inspección en la empresa Proyectos Designa y constató el depósito ilegal de supersacos de polietileno que contenían material contaminado, proveniente al parecer del reenvasado de hexaclorados en el Complejo Petroquímico Pajaritos, sin presentar bitácoras de generación y de movimiento de entrada y salida, y no mostrar manifiestos de entrega, transporte y recepción de estos residuos. (PROFEPA. Delegación Veracruz. Subdirección Jurídica, 2001).

Un mes después, diversos medios de comunicación denunciaron públicamente que en un predio de la colonia Ampliación Santa Rosa del Municipio de Coatzacoalcos, se depositó ilegalmente material contaminado por hexaclorados, provenientes del Complejo Petroquímico Coatzacoalcos, a través de la empresa Designa. Análisis realizados y difundidos por Greenpeace (Greenpeace, 27 de junio de 2001) registraron que en dicho predio, la contaminación del suelo por hexaclorados anotaron concentraciones superiores a 600 mg/Kg; mientras que el lixiviado obtenido de la prueba de extracción tuvo una concentración de 21.77 mg/l, 167 veces por encima del límite permitido de 0.13 mg/l establecido en la NOM-052-ECOL-1993. Sin embargo, el director de Petroquímica Pajaritos, Carlos Romero Reygadas declaró que las muestras del predio Santa Rosa del Municipio de Coatzacoalcos, no contenían ningún tipo de contaminante (Carrasco, 7 junio 2004).

*Sacos contaminados con desechos peligrosos han ido a parar a las colonias populares de Coatzacoalcos*

## **7. Contaminación de huevos de gallina por COP en las cercanías del Complejo Petroquímico de Pajaritos**

La Red Internacional para la eliminación de Compuestos Orgánicos Persistentes (IPEN), Red de Acción Sobre Plaguicidas y Alternativas en México - RAPAM (México), Organización y Desarrollo Social, S.C. (México) y Arnika Association (República Checa) aportaron en 2005 los primeros datos sobre la presencia de contaminantes orgánicos persistentes (COP) generados de manera no intencional en huevos de gallina en México. El estudio se realizó con gallinas de traspatio porque éstas pueden acceder fácilmente a los contaminantes del suelo y por ende sus huevos son una buena herramienta para biomonitorrear la contaminación ambiental. Como lo describieron IPEN, Arinka, RAPAM, 2005; Di Gangi y Petrlik, 2005:

*“...En el pasado, los huevos de gallinas de campo ya habían sido investigados y mostraban niveles relativamente altos de dioxinas, en comparación con las gallinas de criaderos comerciales. El suelo y los organismos que tiene incorporados parecen ser la principal fuente de contaminación con dioxinas para aquellas aves forrajeras dado que el suelo actúa como una matriz conservante para la deposición de dioxinas a largo plazo. Los animales forrajeros, y especialmente las gallinas y las vacas, pueden por ende ser utilizados como eficientes bio-*

*indicadores de la contaminación potencial con dioxinas. Por ende con frecuencia se monitorean los niveles presentes en la leche o los huevos de esos animales criados en los alrededores de fuentes de emisión tales como incineradores de residuos químicos, plantas de tratamiento de madera que utilizan pentaclorofenol o incineradores de residuos sólidos urbanos (IRSU)...”*

Por definición, los COP de producción no intencional (dioxinas, furanos, PCBs) viajan largas distancias desde sus fuentes de origen y se bioacumulan en la cadena alimenticia. Esto genera un nivel existente de COP presentes en el medio ambiente, los alimentos y los humanos, sin que exista un sitio sin contaminar que pueda servir de control verdadero. Para comprender si determinados sitios contienen niveles elevados de COP de producción no intencional sería deseable compararlos con niveles de referencia. Sin embargo, los niveles de COP de producción no intencional pueden variar considerablemente dentro de los países en desarrollo y con economías en transición, lo que hace difícil identificar un nivel de referencia único.

En noviembre de 2001, la Unión Europea estableció una reglamentación que creaba un umbral límite de 3 pg EQT OMS/g de grasa para la presencia de dioxinas en huevos y productos derivados que se venden en el mercado. La reglamentación abarcó los huevos de gallinas de campo desde el 10 de enero de 2004.

*Se han encontrado dioxinas y PCB en huevos de gallina de traspatio en Coatzacoalcos, en concentraciones mayores que las permitidas por la Unión Europea*

La Unión Europea estableció la reglamentación, *“...para asegurar la protección al consumidor...” [...]...se deberán hacer esfuerzos continuos para limitar las liberaciones de dioxinas y compuestos relacionados al ambiente a los niveles más bajos factibles.”* Además, la UE declaraba: *“...Los niveles máximos de dioxinas y PCBs son una herramienta apropiada para prevenir la exposición inaceptablemente alta de la población humana y para prevenir la distribución de alimentos contaminados a niveles inaceptablemente altos, por ejemplo como consecuencia de la contaminación y exposición accidentales. Asimismo, el establecimiento de niveles máximos es indispensable para la aplicación de un sistema normativo de control y para asegurar su aplicación uniforme...”*

En 2002 la Unión Europea estableció una reglamentación para alimentos que limitó la presencia de dioxinas en productos animales, incluidos huevos y productos derivados, a 0,75 pg EQT-OMS/g de grasa. La misma reglamentación pone un límite a las dioxinas en grasa animal (incluyendo grasa de huevo) a 2 pg EQT-OMS/ g de grasa.

Los huevos de gallinas de traspatio recolectados alrededor del Complejo Petroquímico de Pajaritos en Coatzacoalcos mostraron altos niveles de dioxinas (PCDD/Fs) y hexaclorobenceno, así como elevados niveles de policlorobifenilos (PCB's) (Cuadros 9 y 10, página siguiente).

El nivel de dioxinas fue seis veces superior al límite de la Unión Europea en el huevo y casi 19 veces más alto en comparación con niveles base ambientales. Los niveles de hexaclorobenceno fueron 1.5 veces mayores que el límite actual establecido para la Unión Europea en el huevo y más de tres veces que el nuevo límite de esta sustancia química, como residuo de plaguicidas, propuesto para la misma Unión Europea.

**Cuadro 9**  
**Niveles de COP en huevos, colectados cerca del Complejo Petroquímico**  
**de Pajaritos, Coatzacoalcos, Ver., por gramo de grasa**

	Nivel medido	Límites	Nivel de Acción
PCDD/Fs en EQT-OMS (pg/g)	21.63	3.0a	2.0b
PCBs en EQT-OMS (pg/g)	4.69	2.0b	1.5b
Total en EQT-OMS (pg/g)	26.32	5.0b	-
PCB (7 congéneres) (ng/g)	30.62	200c	-
HCB (ng/g)	34.50	200d	-

Abreviaciones: EQT, Equivalente tóxico; OMS: Organización Mundial de la Salud; pg, pictograma; g, gramo; ng, nanogramo

a) Límite establecido en la Unión Europea (UE) La Regulación del Consejo 2375/2001 estableció este valor límite para huevos y productos derivados. Hay un límite aún más estricto de 2.0 pg OMS-TEQ/g de grasa para insumos de acuerdo a S.I. No. 363 de 2002 European Communities (Feedingstuffs) (Tolerances of Undesirable Substances and Products) (Amendment) Regulations, 2002.

b) Este es el nuevo límite propuesto discutido en el documento " Presence of dioxins, furans and dioxin-like PCBs in food". SANCO/0072/2004.

c) Límite usado por ejemplo en la República Checa de acuerdo a la Ley No. 53/2002 así como en Polonia y / o Turquía.

d) Límite de la Unión Europea de acuerdo a la Directiva del Consejo 86/363/EEC, Los niveles entre paréntesis son los nuevos límites generales propuestos para residuos de plaguicidas (bajo el que HCB está incluido) de acuerdo a la propuesta para la Regulación del Parlamento Europeo y del Consejo con niveles máximos de residuo de plaguicidas en productos de origen vegetal y animal, COM/2003/0117 final - COD 2003/0052.

El cuadro siguiente muestra que los niveles de dioxina por gramo de huevo fresco encontrados en Pajaritos exceden en 1.5 los límites tolerados en huevos frescos en Estados Unidos. La Agencia de Drogas y Alimentación de Estados Unidos estima que el exceso de riesgo de cáncer por vida es de uno en 10,000 por huevos contaminados a 1 pg/g ITEQ. Las muestras recolectadas cerca del Complejo Petroquímico Pajaritos exceden este nivel de riesgo de cáncer.<sup>a</sup>

**Cuadro 10**  
**Niveles de COP en huevos, colectados cerca del Complejo Petroquímico de**  
**Pajaritos, Coatzacoalcos, Ver., por gramo de huevo fresco**

	Nivel medido	Límites	Nivel de Acción
PCDD/Fs en EQT-OMS (pg/g)	2.55	1a	-
PCBs en EQT-OMS (pg/g)	0.55	-	-
Total EQT-OMS (pg/g)	3.10	-	-
PCBs (7 congéneres) (ng/g)	3.61		
HCB (ng/g)	4.07	-	-

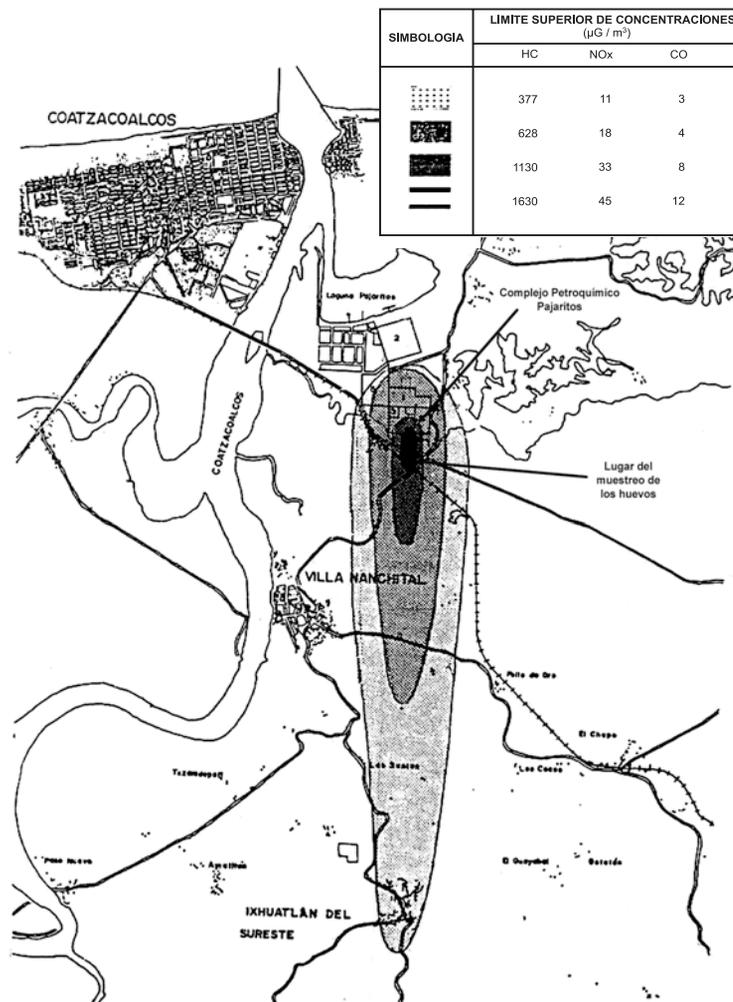
Abreviaciones: EQT, Equivalente Tóxico; OMS: Organización Mundial de la Salud; pg, pictograma; g, gramo; ng, nanogramo

a) U.S. Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service (FSIS) [Memo 8 July 1997] Advisory to Owners and Custodians of Poultry, Livestock and Eggs. Washington, DC:U.S. Department of Agriculture, 1997. El FSIS advierte en este memo, que la carne, pollo, huevo y sus productos que contengan niveles de dioxina de 1.0 ppt in I-TEQs o mayores que fueran adulterados. Hay aún un nivel de la Unión Europea más estricto de 0.75 pg OMS-TEQ/g de peso de huevo fresco para insumos de acuerdo a la S.I.No. 363 of 2002 European Communities (Feedingstuffs) (Tolerances of Undesirable Substances and Products) (Amendment) Regulations, 2002.

De manera similar, las concentraciones de PCB encontradas son 1.5 mayores que los límites de la Unión Europea en el huevo. Considerando la relación de los congéneres de dioxinas en los huevos, se observa que domina la 2, 3, 7, 8, TCDD (la más tóxica) y que las corrientes predominantes de viento en la región de Coatzacoalcos van en dirección sur y sureste. Resulta evidente que la fuente generadora de dioxinas en los huevos de gallina es el complejo petroquímico de Pajaritos y la incineración de desechos realizada en él.

La población potencialmente expuesta a los COP incluye a la comunidad de Paso a Desnivel (268 personas) del Municipio de Coatzacoalcos; la población que habita en Mundo Nuevo (9021) en el mismo municipio, Nanchital de Lázaro Cárdenas, con 27 218 habitantes en el municipio del mismo nombre, Ixhuatlán del Sureste, con 13 294 habitantes, así como el casco urbano de la ciudad de Coatzacoalcos con 267 212 habitantes. Adicionalmente se localiza en un radio de 40 Km. una zona de ganadería extensiva y una avícola comercial de pollos de engorda, con capacidad de 12 500 por caseta, Fig. 7.

**Figura 7. Simulación matemática de la dispersión de hidrocarburos venteados NOx y CO emitidos por Pemex (Pajaritos) durante el verano**



Fuente: Bravo, H. et al. 1992. El señalamiento del Complejo Petroquímico y muestreo de huevos es nuestro

La investigación de los huevos de traspatio en Coatzacoalcos también arrojó datos de la presencia de retardantes de flama bromados: concentraciones de éteres bifenilicos polibromados (PBDE's) de 30.8 ng/g grasa, siendo el tercero en mayor concentración de las muestras encontradas positivas en 12 países, y de hexabromociclododecano (HBCD) de 90.8 ng/g grasa. También se encontraron en los huevos presencia del insecticida organoclorado lindano de 2.20 ng/g grasa. Tanto los PBDE como el HBCD y lindano comparten características de toxicidad, persistencia y bioacumulación como los COP e IPEN propone incorporarlos a la lista del Convenio de Estocolmo para su eliminación global (BLAKE, 2005). El gobierno de México ha nominado a lindano como nuevo COP para ser considerado en este convenio internacional.

#### Otras fuentes no intencionales de COP

Otras fuentes no intencionales de COP en la región de Coatzacoalcos son los incendios forestales que en el Istmo mexicano están asociados con El Niño, fenómeno climático que impacta en mayor medida las precipitaciones regionales. Las sequías son algunos de los efectos atribuidos al Niño aunque no se tiene certeza sobre la magnitud de los impactos. La sequía origina un incremento en el número de incendios forestales, pérdidas en la producción agrícola y daños en las actividades ganaderas (Magaña, Pérez, Vázquez, Carrisoza, Pérez, 1999). En el Istmo mexicano se registra un grave problema por la pérdida de extensas superficies forestales de una gran biodiversidad y un incalculado valor económico en las Selvas de los Chimalapas y Uxpanapa. Por otro lado, en el Corredor Industrial de Coatzacoalcos-Minatitlán-Cosoleacaque se registraron un número muy alto de incendios en pastizales y en la zona de humedales contaminados por hidrocarburos. En el municipio de Coatzacoalcos se registraron 1300 incendios en el año 2004 (Santander, 2005).

*Los factores de emisión de dioxinas que propone el Instrumental del PNUMA para incendios forestales están muy sobrestimados*

Los incendios forestales y la quema de pastizales y residuos agrícolas así como la quema de basura de traspatio, de rellenos sanitarios y basureros son fuentes potenciales de dioxinas y furanos, pero el cálculo de los factores de emisión que propone el instrumental del PNUMA para estas fuentes está muy sobrestimado, como ha demostrado de manera contundente Pat Costner, quien en cambio, propone otros factores con mayor fundamento científico (Costner, 2006).

Los COP de producción no intencional como las dioxinas, furanos y PCB viajan largas distancias desde sus fuentes de origen y la presencia de los "vientos tehuanos" en el istmo mexicano nos hacen inferir un fenómeno de dispersión y de transporte de COP del istmo norte (sur de Veracruz) al istmo sur (Istmo de Tehuantepec).

## **8 Evaluar los impactos sobre la salud, una tarea pendiente en la región de Coatzacoalcos**

Se ha indicado en incisos anteriores las características neurotóxicas del mercurio usado en la producción de cloro, y las propiedades carcinogénicas del dicloroetano y monómero de cloruro de vinilo (MCV), así como la producción no voluntaria de COP durante la

producción del MCV y por la incineración de residuos peligrosos clorados, especialmente dioxinas y probablemente también PCB. Los efectos reportados por la literatura científica provocados por la exposición a dioxinas y PCB en sus formas más tóxicas incluyen cáncer, efectos reproductivos masculinos y femeninos, efectos específicos en el feto, en niños y adolescentes, cambios hormonales y metabólicos, daños en el sistema nervioso central y periférico, al hígado y al sistema inmunológico (Stringer y Johnston, 2001c; Bejarano, 2004; Schechter et al. 2006).

Las plantas que manufacturan el cloruro de vinilo representan un riesgo para los trabajadores y las comunidades vecinas. En Estados Unidos los habitantes de las comunidades cercanas a las plantas de cloruro de vinilo se ven afectados por las descargas de desechos peligrosos que contaminan sus pozos, ríos y otras fuentes de agua, y por las emisiones a la atmósfera provenientes de los incineradores que operan dentro de las plantas. Además de cáncer, los trabajadores y comunidades vecinas también están en riesgo de ser afectados por la exposición a cloruro de vinilo, incluyendo daño al hígado, a los pulmones, sangre, sistema nervioso, sistema inmunológico, sistema cardiovascular, piel, huesos y sistema reproductivo (Bellievau y Lester, 2004; CHEJ 2005)

Los daños a la salud y el ambiente provocados por las plantas productoras de cloruro de vinilo ha sido causa de que los trabajadores demanden a las empresas fabricantes y han generado la protesta y la organización de las comunidades vecinas en Estados Unidos. La mayor parte de las plantas de cloruro de vinilo y PVC están localizadas en Texas y Lousiana donde viven comunidades pobres afroamericanas. Un ejemplo que ilustra lo mencionado es el caso de la organización de la comunidad de Mossville, que enfrentó a cuatro empresas productoras de cloruro de vinilo y que logró en 1999, que las autoridades de salud midieran los niveles de dioxinas en la sangre, registrando en los residentes cantidades tres veces mayores a las del ciudadano promedio estadounidense. Estudios posteriores mostraron niveles de dioxinas en la leche materna de los residentes un 30% mayor que el promedio nacional, y un incremento mayor en los casos de muerte por cáncer que la media nacional. La organización local demandó la limpieza ambiental del estuario, la reducción de la contaminación y una justa relocalización de los residentes en un lugar más saludable (Bellievau y Lester, Op. Cit.).

Dados estos antecedentes, y las características intrínsecas de las sustancias tóxicas inherentes a la producción del cloro y del monómero de cloruro de vinilo; así como, de las evidencias de su liberación ambiental, podemos concluir que el Complejo Petroquímico de Pajaritos constituye un factor de riesgo a la salud de los trabajadores y las comunidades que han estado expuestos de manera crónica y múltiple a un conjunto de contaminantes; este es un problema complejo y se requiere realizar más estudios de salud ocupacional, además de estudios epidemiológicos para valorar con mayor precisión el impacto negativo. La información relacionada con los impactos ambientales sobre la salud humana causada por la industria petroquímica y petrolera en la región de Coatzacoalcos es escasa y posiblemente la población esté presentando sintomatologías que aún no han sido suficientemente detectadas.

A fines del 2005 investigadores del Instituto Nacional de Salud pública tomaron muestras de sangre de madres primerizas en la región de Coatzacoalcos como parte de un estudio que en América del Norte realiza la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA), con el apoyo del Banco Mundial, pero los resultados aún no han sido publicados al cierre de este reporte. El análisis incluye la determinación de dioxinas y furanos, PCB, DDT, clordano y lindano así como metales pesados como arsénico, plomo y mercurio. (CCA, TRIO, 2005; y entrevista con investigadores del Instituto Nacional de Salud Pública)

La contaminación registrada en las áreas laborales y la alta frecuencia de cáncer y malformaciones congénitas en la región de Coatzacoalcos- Miniatitlán constituye una problemática aún no evaluada suficientemente por el sector Salud y Pemex. Un reconocimiento de la problemática de salud en la región de Coatzacoalcos ha sido expresado por el Director General del Instituto Nacional de Salud Pública quien señaló:

*La investigación de los efectos a la salud de los COP debe de ir acompañada de acciones preventivas*

*“... la experiencia de otros casos de contaminación por hidrocarburos ha derivado en la aparición de males en la salud de los pobladores como son afecciones cancerígenas, abortos, malformaciones congénitas y en el caso de los niños, problemas de crecimiento y desarrollo físico...” (Instituto Nacional de Salud, 2005; Gómez, 2005; Morales, 2005 a,b))*

Un gran número de derrames de petróleo ocurridos en el 2005 motivó que se destinara dinero a la Secretaría de Salud para evaluar los daños en la salud de la población expuesta; sin embargo, como se señaló en nota periodística:

*“ El secretario de Salud , Jon Rementera Semp, reconoció que a un año de que se registró el fatídico derrame de Pemex en el sur del estado no se han realizado los exámenes epidemiológicos para medir el daño a la salud provocado por la paraestatal. En su intervención el diputado del PRD Agusitn Mantilla Trolle denunció que el daño que provocó Pemex a la salud y al medio ambiente es irreversible: Se tienen registrados 400 casos de niños con cáncer a consecuencia de la toxicidad provocada por la paraestatal, así como seis personas muertas durante los 40 derrames de Pemex y esos decesos señaló les costaron 126 mil pesos “ (García, 2005)*

Esta fuera de los objetivos de este reporte la inclusión de información acerca de los riesgos laborales y ambientales ocasionados por los diferentes complejos petroquímicos y plantas industriales en la región Coatzacoalcos -Cosoleacaque -Miniatitlán, donde se registran una amplia variedad de contaminantes atmosféricos (como hidrocarburos poliaromáticos, ozono, dióxido de azufre, partículas, plomo, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles) y sustancias cancerígenas derivados del benceno, pero deberían considerarse en un estudio integral del impacto a la salud en la región (Santander y López-Chión, 2004).

La necesidad de una mayor investigación en salud debe ser acompañada de acciones preventivas que reduzcan progresivamente hasta eliminar la carga de contaminantes en esta región. El cumplimiento de los compromisos establecidos en el Convenio de Estocolmo, cuya finalidad es la de lograr la protección a la salud y el ambiente, debe ser parte importante en esta tarea.



# **Los COP en el Istmo Sur**

## 8. EL ISTMO SUR: LA VISIÓN AMBIENTAL DEL MUNDO MÁGICO

El Golfo de Tehuantepec y el complejo lagunar dentro de la región denominada Istmo mexicano, destacan por su peculiar posición geográfica y su extraordinaria riqueza en biodiversidad y recursos naturales.

Históricamente, el desarrollo de las pesquerías del Istmo de Tehuantepec corresponde a dos sistemas radicalmente distintos: en primer lugar el litoral del Océano Pacífico, representado por las pesquerías del camarón de alta mar, túnidos, tiburón y guachinango, siendo el Golfo de Tehuantepec la región del país que, después del Golfo de California, encabeza la captura anual de camarón marino. El segundo sistema comprende la pesca a pequeña escala o artesanal, en lagunas costeras y marismas: Laguna Superior, Inferior, Oriental y Occidental, la marisma entre la Laguna Oriental-Mar Muerto y la parte del Mar Muerto correspondiente al Estado de Oaxaca, con una extensión de 785 Km<sup>2</sup>. Milenariamente las poblaciones indígenas: huaves, ikoot's o mareñas han efectuado aquí la pesca de camarón, escama y concha.

## 9. LAS REGIONES ÉTNICAS DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC

El Istmo de Tehuantepec es una región donde han convivido varios grupos étnicos bien diferenciados lingüística y culturalmente, pero relacionados a través del comercio y de los centros de dominio que han establecido los zapotecas (Binnizá). Aquí se establecieron los mixes, huaves (Ikoot's), chontales, zoques y zapotecas del Istmo, que muestran profundas divergencias. Sin embargo, la cultura zapoteca se encargó de crear un «marco cultural de interacción entre los grupos subordinados a ella». Este conjunto de relaciones es lo que conformó esta región interétnica. A esos pueblos no sólo los ha unido la vecindad territorial, sino que han compartido un pasado común, que se caracterizó por la dominación zapoteca, debido a que han sido los más numerosos del Istmo, al intenso comercio que desarrollaron y al tiempo que controlaron política y culturalmente la región (Reina, 1997).

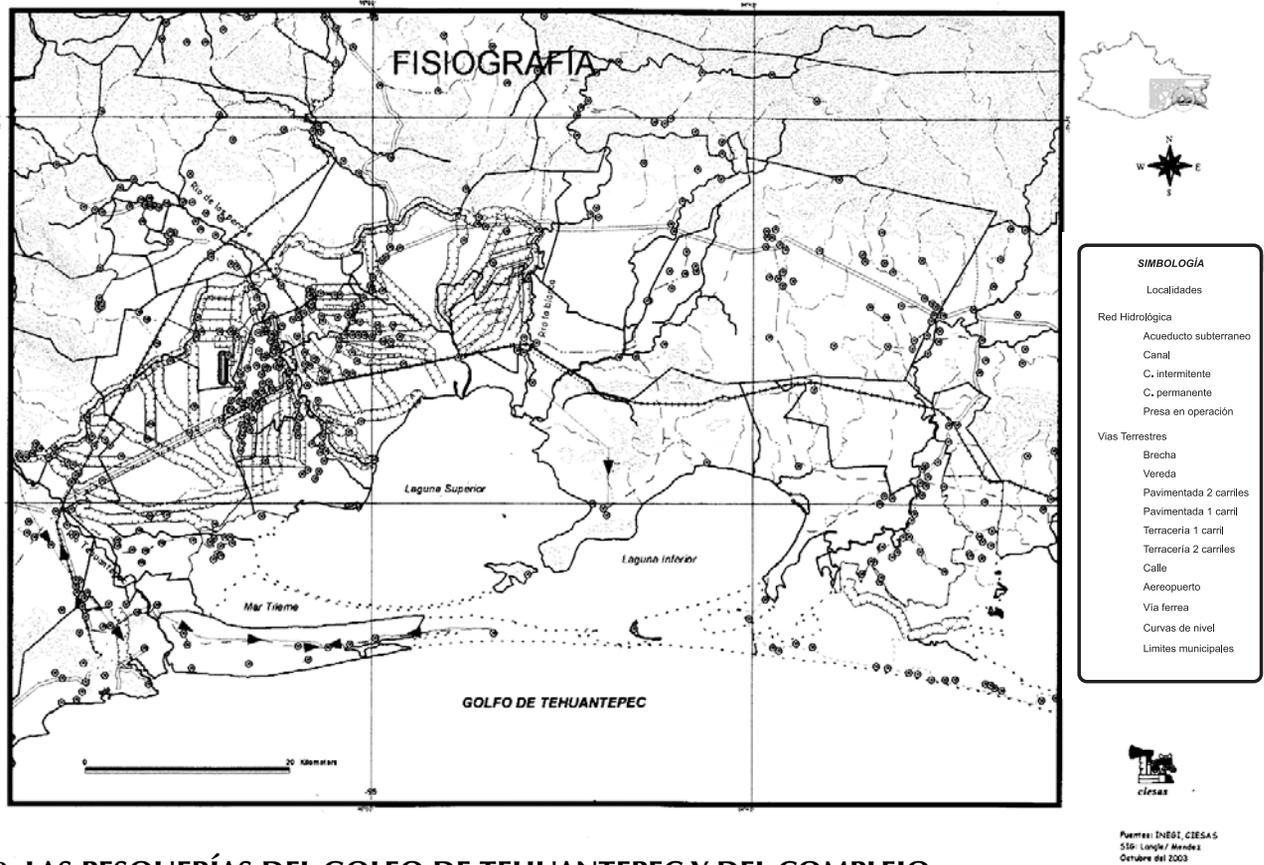
### LA REGIÓN ZAPOTECA (BINNIZÁ)

Los municipios zapotecas localizados alrededor del Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec comprenden Juchitán de Zaragoza, Santa María Xadani, Unión Hidalgo y San Pedro Huilotepec, con una población de 98.988 habitantes.

### LA REGIÓN HUAVE (IKOOT'S).

El origen del pueblo Ikoot's es desconocido y actualmente se ubica alrededor del Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec, comprendiendo tres municipios: San Francisco del Mar, San Dionisio del Mar y San Mateo del Mar, además de la agencia Municipal de Santa María del Mar, perteneciente a Juchitán de Zaragoza, con una extensión de 718.18 Km<sup>2</sup> y una población de 22.315 habitantes, con una densidad de 31.072 hab. /Km<sup>2</sup>, (fig. 8).

Figura 8. La región de influencia directa e indirecta de las comunidades suaves (ikoots) y zapotecas (binnizá)



## 10. LAS PESQUERÍAS DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC Y DEL COMPLEJO LAGUNAR

El sistema social y ambiental del periodo de 1940-1959 comprende el inicio de la captura de camarón de alta mar en el Golfo de Tehuantepec. Se sabe que las embarcaciones fueron transferidas allí desde el Golfo de México, con tripulantes procedentes de Campeche y Yucatán, luego de las crisis camaroneras de 1949 y 1958, por efecto de la sobreexplotación del recurso camaronero.

El sector cooperativista oaxaqueño se inició en 1941, con un acentuado incremento del número de cooperativas en los años siguientes. Por su parte, la pesca artesanal o de pequeña escala en el Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec se efectuó hasta 1969 en un Área de Pesca de Acceso Cerrado a los Recursos de Propiedad Común para después transformarse en un área de Acceso Libre de Pesca. El recurso de uso común (RUC) de acceso abierto es aquel en el que nadie tiene ningún derecho de propiedad, mientras que en el de acceso cerrado, un grupo bien definido posee propiedad en común. En un RUC de acceso cerrado, donde un grupo bien definido de apropiadores debe depender conjuntamente de él para tener acceso a unidades de recurso, y los incentivos para los apropiadores dependerán de las reglas que gobiernan la cantidad, el tiempo, la ubicación y la tecnología de apropiación, así como del modo como se supervisan y se hacen cumplir.

Las poblaciones indígenas huaves (ikoot's) o mareñas, han construido a lo largo de siglos una reconocida cultura de pesca, fundamentada en su cosmovisión. Hernández Sangermán (2000) señala:

*"...el proyecto de vida de la cultura ikoot's, se influyó mucho del concepto de lo sagrado, o sea la concepción de dios. El trabajo y la tenencia tanto de la tierra como en el mar, los ikoot's no se sintieron ni se comportaron como dueños, sino que entendían que era un regalo de dios, el cual se debe respetar y cuidar..."*

La población zapoteca (binnizá), en tanto, establecida principalmente en los alrededores de la Laguna Superior, ha sido tradicionalmente una sociedad de agricultores.

## 11. EL DESARROLLO REGIONAL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC

En el Istmo de Tehuantepec la actividad agrícola dominante estaba conformada por el cultivo de maíz y frijol, mientras que los cultivos comerciales de mayor arraigo y extensión comprendían la caña de azúcar, el café y el ajonjolí. La caña de azúcar se cultivaba en áreas que contaban con riego, captándose el agua a través de obras derivadas de los ríos y la producción se destinaba a los trapiches de la región, donde era procesada para la producción de panela o aguardiente.

El desarrollo regional de las cuencas hidrológicas de México fue impulsado robustamente a partir de 1947, durante el Gobierno de Miguel Alemán, surgiendo así la Comisión del Papaloapán (1948), la Comisión del Tepalcatepec (posteriormente del Balsas), la Comisión del Grijalva (1952), que extendió su esfera de acción a la cuenca del Usumacinta. Para los planificadores de la época, los aprovechamientos hidroeléctricos e hidroagrícolas de las cuencas constituían el camino más viable para mejorar las condiciones del espacio rural y representaban de algún modo la culminación del proceso del reparto agrario de los años precedentes. Con una enorme coherencia, estos planes se sustentaban en una idea fundamental: el establecimiento de una agricultura intensiva en el trópico húmedo que requería como condición previa obras de drenaje. Otro factor de enorme peso que impulsó la visión del aprovechamiento del potencial agrícola del trópico fue la actitud favorable de los organismos internacionales para financiar esta clase de proyectos (Barkin y King, 1970; Toledo, 1983; Tudela, 1989; Garza, 1996, 2000; Toledo y Bozada, 2002).

Hasta 1970, en México las comisiones de desarrollo de cuencas hidrológicas constituían la base fundamental de la política de desarrollo regional; a partir de ese año se dieron algunos cambios de carácter experimental tendientes a hacer un poco abstracción de la existencia de ríos caudalosos y pensar en zonas económicas plenamente identificados como regiones naturales y susceptibles de aplicación de diversos programas de desarrollo regional (Comisión Coordinadora para el Desarrollo Integral del Istmo de Tehuantepec, 1976).

El Istmo de Tehuantepec no escapó a la lógica de los planes de desarrollo regional de la época y registró cambios acentuados entre 1960-1990. Los procesos socioeconómicos cuya influencia sobre el sistema pueden explicar las transformaciones sufridas son las siguientes:

- a) La introducción de cultivos como el arroz, la intensificación regional del cultivo de caña de azúcar; el desarrollo de cultivos de frutales como el mango, guanábana, tamarindo, toronja y de cultivos comerciales para la exportación como el melón, originaron desmontes de áreas de selva alta y media perennifolia y subcaducifolia, anotándose que sólo en San Francisco del Mar se desmontaron 8.000 ha.
- b) Se manifestó un incremento de la frontera ganadera en el Istmo de Tehuantepec, registrándose el hecho de que sólo en San Francisco del Mar se promovió el uso de 5.000 ha para ganado lechero y de engorda.
- c) La Comisión Coordinadora para el Desarrollo Integral del Istmo de Tehuantepec, promovió el establecimiento de la Refinería de Petróleos Mexicanos en Salina Cruz y la expansión de las redes de transporte (ductos, poliductos, ductos petroquímicos) y de los sistemas de enlace construidos hacia la región Coatzacoalcos-Minatitlán en el Istmo norte (Golfo de México).
- d) La transformación de un área de acceso limitado a los recursos marinos de propiedad común (captura de camarón marino) a un área de acceso abierto a los recursos de propiedad común, debido al intercambio de las flotas camaroneras del Pacífico mexicano sobre el Golfo de Tehuantepec.
- e) En el plano ambiental el cambio más dramático lo constituye la construcción de la Presa Benito Juárez, que cortó el suministro de sedimentos acarreados por el río Tehuantepec al Océano Pacífico, siendo incuestionable el efecto en la productividad total y en la distribución estacional de las aguas costeras de la parte central del Golfo de Tehuantepec.
- f) La aceleración del proceso de salinización de los suelos que conforman el Distrito de Riego 19, originado por un uso inadecuado del riego en el cultivo del arroz.
- g) La contaminación del Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec por COP y residuos de compuestos de fertilizantes empleados en el cultivo de la caña de azúcar, hortalizas, huertas de frutales y el cultivo de melón y sandía.
- h) La contaminación por hidrocarburos, metales pesados y microbiológicos de la zona costera circundante al Puerto de Salina Cruz.
- i) La contaminación transitoria del Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec por derivados del petróleo como gasolina, diesel y otros compuestos como el amoniaco, debido a las rupturas de oleoductos procedentes de la región Coatzacoalcos - Minatitlán.
- j) La contaminación atmosférica proveniente de la Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime localizada en Salina Cruz.
- k) En el Golfo de Tehuantepec las poblaciones de camarón marino se encontraban sometidas a un régimen de pesca muy intenso desde 1981. El desplazamiento de la flota del Golfo de California hacia el Golfo de Tehuantepec en 1989 extendió la crisis camaronera a todo el Pacífico mexicano, dando como resultado que la pesca como actividad económica dejará de ser rentable.

*La ampliación de la frontera ganadera, construcción de refinerías, presas y desplazamiento de flotas camaroneras han afectado profundamente el Istmo de Tehuantepec*

El tapo huave, tajadizo o tüilmbosch, es un arte de pesca prehispánico que refleja el sistema de organización comunitaria y el claro conocimiento de la naturaleza ligado a su cosmovisión y muy alejado de los principios económicos y técnicos de la camaronicultura industrial. De Walt, Noriega, Ramírez-Zavala, González 2.000, señalaron que en el estado

de Oaxaca la principal especie marina exportada es el camarón marino y que se tienen estimadas 25.000 ha potenciales de lagunas y estuarios para desarrollar la camaronicultura industrial; anotándose la experiencia camaronícola de la zona Huave y Mar Muerto.

## 12 EL ESTADO ACTUAL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC

El sistema socioambiental del Istmo de Tehuantepec registra entre 1990-2002:

- a) La aplicación del Programa Nacional de Solidaridad y el fenómeno de resistencia de las comunidades indígenas hacia las políticas públicas de desarrollo promovidos por el Gobierno Federal, como son la implementación del Megaproyecto del Istmo de Tehuantepec, la Camaronicultura Industrial en la Región Huave promovida por el Banco Mundial y actualmente el Plan Puebla Panamá.
- b) El Distrito de Riego 19 se halla subutilizado en un 50%, con afectaciones físicas serias en los canales, donde los módulos de riego han sido entregados para su manejo a los usuarios y el Estado ha instrumentado una nueva política para el uso y manejo del recurso hídrico. En el Distrito de Riego 019-Istmo (ciclo PV 2002/2002), los cultivos perennes incluyeron mango criollo, mango mejorado, naranja, limón persa, limón mexicano, tamarindo, café y caña de azúcar. La superficie establecida de cultivos de temporada abarca 6.826 ha y la de riego 1 698.5 ha; las áreas que utilizaron fertilizantes comprendieron 55 ha y están dedicadas al cultivo de papaya, además de 1388.50 ha destinadas al cultivo de caña de azúcar para el Ingenio Santo Domingo.
- c) Se registra el desplazamiento de los cultivos comerciales como papaya maradol y mango hacia la región del Río Ostuta y una transformación acentuada de áreas agrícolas a ganaderas en todo el Istmo de Tehuantepec.
- d) La Presa Benito Juárez se encuentra actualmente azolvada por la acumulación de sedimentos y ha perdido su capacidad original para almacenar agua.
- e) La pesquería de camarón café en el Golfo de Tehuantepec no está definida en lo referente a la captura y al índice de abundancia, debido a que una parte de la captura no es descargada en ninguno de los puertos del Golfo de Tehuantepec y que por otra parte, el esfuerzo registrado no es el total aplicado en la zona. Con referencia al camarón blanco, a partir de la temporada 1996/97, muestra una tendencia negativa. Es importante resaltar que en promedio, el 70 % de la captura de camarón blanco en el Golfo de Tehuantepec se obtiene de la pesquería artesanal o de pequeña escala, en tanto que la flota mayor solo captura el 30 %. En términos poblacionales esto significa que del total de la tasa de explotación, el 70 % es aplicado en la fase juvenil dentro de los sistemas lagunares, es decir, se registra una sobrepesca de crecimiento.
- f) La flota pesquera para la captura de camarón marino registra un índice de obsolescencia del 84%, si se considera que el promedio de vida útil de una embarcación es de 10 años.

- g) La pesca de pequeña escala o artesanal de los sistemas lagunares está siendo aplicada a un nivel de rendimiento máximo que origina una “Sobrepesca de Crecimiento” en el camarón de estero.

### 13. LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL ISTMO SUR

#### 13.1 LA CONTAMINACIÓN DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC.

Los estudios efectuados en la zona litoral del Golfo de Tehuantepec son escasos. Aragón-Cigarrero y Rivero Beltrán (1988) realizaron entre agosto/1985 y abril/1986 una evaluación de la concentración de metales pesados en sedimentos en el puerto de Salina Cruz y Bahías adyacentes, los resultados mostraron que el hierro, manganeso, y el zinc, son los más abundantes y están distribuidos de manera homogénea en toda el área; el cobre y el plomo solo son registrados en el antepuerto y Bahía de la Ventosa durante agosto y abril; mientras el cadmio únicamente mostró dos registros.

Botello, Villanueva, Pica y Díaz (1994), realizaron entre octubre/90 y agosto/91 en el área de Salina Cruz y Bahías adyacentes la determinación de hidrocarburos aromáticos y alifáticos, metales pesados en agua, sedimentos y organismos (*Crassostrea iridiscens* y *P. stilyrostris*). El comportamiento del cromo, níquel, plomo y vanadio en el agua fue muy similar durante octubre-90 y febrero-91, teniendo una variación mínima entre cada metal y cada estación; en cambio, para agosto-91 las concentraciones de níquel, cromo y vanadio se incrementaron notablemente con respecto a los dos muestreos en un 312.5, un 175 y un 400 %, respectivamente. Los valores promedios mínimos se obtuvieron en febrero/91 con 0.15 ppm para el cromo y 0.13 ppm para el níquel. En cambio, las concentraciones de plomo disuelto fueron tan bajas que no fue posible detectarlas por el método analítico empleado, en ninguno de los tres muestreos.

*Se han encontrado metales pesados, hidrocarburos aromáticos en agua, sedimentos y organismos en el área de Salina Cruz y bahías adyacentes*

Los resultados de los metales pesados en sedimentos señalan que el orden de incremento que presentan los metales pesados en el Puerto de Salina Cruz y en el mar abierto es níquel < cromo < vanadio < plomo; lo que está vinculado posiblemente con la conducta geoquímica de cada metal, con su afinidad por el tamaño de partícula y tipo de sedimento; así como con el contenido de carbono orgánico.

La concentración de metales pesados (plomo, cromo y níquel) detectados en el ostión *Crassostrea iridiscens* y en camarones juveniles, registró niveles muy por debajo de los límites permisibles establecidos por los Estados Unidos (USFDA, 1984).

Lo más sobresaliente de los resultados de los hidrocarburos aromáticos disueltos/dispersos de la columna de agua es el registro de cuatro y cinco anillos bencénicos, en especial compuestos como: criseno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno y pireno que durante octubre/95 alcanzaron valores de 9.02 a 121.2; 7.07 a 106.7 y 4.5 a 55.1 ppb respectivamente. Los resultados hacen notar la gran dominancia de grupos HAP de alto peso molecular (cuatro y cinco anillos bencénicos) entre los que se ubican compuestos

muy tóxicos cuyo origen está asociado a la combustión incompleta o pirolisis de combustible como las gasolinas, el combustóleo y otras fuentes como son los desechos de aceites y lubricantes. Por todo esto puede determinarse que las actividades portuarias del área de Salina Cruz son una "fuente crónica" de estos compuestos aromáticos al ambiente costero de la región.

Los hidrocarburos aromáticos en los sedimentos analizados mostraron niveles promedios máximos durante octubre-90 de  $96.32 \pm 128.4$  ppm. que se reducen en febrero y agosto de 1991 hasta  $27.05 \pm 35.84$  y  $9.09 \pm 6.8$  ppm. Se repite la observación de que el grupo de aromáticos constituidos por cuatro anillos bencénicos alcanzó los valores totales más elevados; sin embargo algunos como el benzo (b) fluoranteno y el benzo (k) fluoranteno, constituidos por cinco anillos, se encontraron en niveles importantes.

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) hallados en los tejidos de ostión en un intervalo de valores de 9.72 a 75.07 ppm. mientras que los valores en camarones fluctúan entre 125.12 a 143.98 ppm. Cabe destacar que el proceso de bioacumulación es altamente significativo, sobre todo tratándose de compuestos con una elevada toxicidad como los HAP en especies que sostienen una importante pesquería como es la de camarón marino.

Botello, Villanueva, Díaz y Escobar-Biones (1998) efectuaron la determinación y cuantificación de HAP en sedimentos en el Puerto de Salina Cruz y áreas marinas adyacentes durante octubre/95 y febrero/96. El área costera y marina considerada por Botello *et al.* Op. Cit. comprendió a las áreas de captura que sostienen la pesquería de camarón marino. Los resultados exhiben concentraciones de HAP de  $< 0.01$  a  $0.324 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ . peso seco. Los compuestos detectados en los sedimentos en la campaña de octubre-95 fueron: fluoranteno, benzo(a) antraceno, benzo (b) fluoranteno; mientras que en feb-96, las mayores concentraciones de HAP corresponde a: fenantreno, antraceno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno y benzopireno. En los sedimentos costa fuera las mayores concentraciones de HAP corresponden a: benzo(a) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno y benzo (b) pireno.

### 13.2 EL COMPLEJO LAGUNAR DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC.

Botello y Macko (1980) anotaron en los sistemas lagunares Superior e Inferior concentraciones de hidrocarburos (n-parafinas) que fluctúan entre 1.84 a 1.04  $\mu\text{g/g}$  peso seco, con un promedio de  $1.5423 \pm 0.3514$   $\mu\text{g/g}$  peso seco. Los altos valores registrados de las relaciones Pristano/Fitano y de OEP (odd-even preference) indicó que las n-parafinas son formadas por los sistemas biológicos a través de complejos mecanismos bioquímicos y geoquímicas; lo cual es apoyado por el predominio que en los cromatogramas respectivos ejercen n-parafinas con átomos de carbono impar. Las concentraciones de hidrocarburos registradas se consideran la línea base anterior a los procesos de urbanización e industrialización del Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec.

Las actividades pesqueras realizadas en la Laguna Superior han sufrido impactos antropogénicos transitorios por derrames de hidrocarburos y amoniaco, originados en el tren de ductos (que proceden del área industrial de Coatzacoalcos-Minatitlán hacia la Terminal Marítima y la Refinería de Salina Cruz) que se localiza hacia la parte occidental

del sistema lagunar. Hay registros de que en mayo de 1982 se produjo una fuga de petróleo en el subsistema lagunar de la parte norte de la Laguna Superior; que en octubre de 1983 ocurrió un derrame de petróleo crudo sobre el Canal Igú; que el 18 de mayo de 1984, se suscitó un derrame de amoniaco sobre el mismo Canal Igú; que se produjeron dos derrames de Diesel sobre el Río Verde ocurridos en mayo de 1982 y diciembre de 1984; que se suscitó un derrame de petróleo crudo en junio de 1999 y uno de diesel el 12 de abril de 2002.

Se detectó una crónica y no evaluada contaminación atmosférica sobre el área de Laguna Superior proveniente de la Refinería Antonio Dovalí Jaime, establecida en Salina Cruz. Jáuregui (1984), en su estudio sobre los vientos del Puerto de Salina Cruz registró que después del medio día se hace sentir el efecto de la brisa y entonces soplan vientos débiles (aproximadamente 3 m/seg) del sur. Esta velocidad es suficiente para arrastrar las emisiones de la Refinería Antonio Dovalí Jaime hacia la zona de la Laguna Superior.

*Las emisiones contaminantes de la Refinería Antonio Dovalí pueden ser arrastrados a la Laguna Superior*

Benítez (1994) anotó que los sedimentos de la Laguna Superior no presentan concentraciones apreciables de plaguicidas organoclorados. El análisis de camarones (*Litopenaeus vannamei*) de tres meses de edad, permitió la determinación de los compuestos alfa-HCH (isomero del lindano) y p', p'-DDE (producto de biotransformación del DDT) en concentraciones de 31 ng /g y 80 ng /g, respectivamente.

Con referencia a los hidrocarburos del petróleo, Benítez (1994) detectó en la desembocadura del estero Xubaxiña y Río Verde, Municipios de Juchitán de Zaragoza y Unión Hidalgo, concentraciones muy bajas, presentándose una pequeña muestra compleja sin resolver de 2,5 µg/g en tanto que para el Río Verde se determinó 1,5 µg/g de hidrocarburos totales, con 6,2 µg/g de mezcla compleja sin resolver. Se indicó que no se registraron hidrocarburos de origen antropogénico en ninguna de las muestras analizadas.

Benítez (*Op. Cit.*) registró concentraciones de cadmio y plomo en sedimentos en el área de influencia del Estero Cantera y Río Verde, en la época anterior a las lluvias; las concentraciones de cadmio total registraron valores máximos de 2,1 y mínimos de 1.45 µg/g peso seco mientras que el plomo total inscribió concentraciones máximas de 8,54 y mínimas de 1.81 µg/g peso seco. En los organismos analizados (*Litopenaeus vannamei*) el plomo no fue detectado y el cadmio se anotó con un valor promedio de 0.04 µg/g. Cabe considerar que la aplicación de fertilizantes fosfatados en las áreas de cultivo circundante a la Laguna Superior representan la entrada directa del cadmio al suelo.

Benítez (*Op. Cit.*) anotó que las aguas de desecho del Ingenio José López Portillo ubicado en el Municipio de Ixtepec, fueron canalizadas hasta las inmediaciones de la ribera noroeste del sistema lagunar, en el sitio conocido como Boca Regalado, mientras que el Ingenio Santo Domingo usa sus aguas de desecho para riego, antes de verterlas al Río Chicapa.

Namihira- Santillán (2005) señaló que las fuentes principales de aportes de HAP al Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec están constituidas por:

- a) derrames accidentales de hidrocarburos,

- b) fuentes móviles (automóviles y embarcaciones de motores fuera de borda),  
 c) fuentes fijas (Refinería Antonio Dovalí Jaime en Salina Cruz y el transporte eólico de contaminantes provenientes de los Complejos Petroquímicos y Petroleros de la Región de Coatzacoalcos en el Istmo Norte).

Namihira- Santillán (*Op. Cit.*) comprobó que durante la época de lluvias se presentó un dominio de HAP de bajo peso molecular (2 y 3 anillos hexánicos), mientras que los HAP de mayor peso molecular (4 a 6 anillos hexánicos) se detectaron concentraciones bajas, infiriéndose un predominante origen petrogénico (combustión de materiales orgánicos).

La composición de las concentraciones de HAP registradas durante las épocas de lluvia y épocas secas con respecto a los criterios guía de calidad de sedimentos (que indica el grado de posible efecto tóxico en los organismos), mostró que los HAP de bajo peso molecular (2 y 3 anillos) presentaron niveles que pueden promover la aparición de efectos biológicos desfavorables en especies sensibles.

En el Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec se pueden caracterizar tres zonas de contaminación en base a la concentración de HAP:

- 1) Laguna Superior (bajas concentraciones de HAP)
- 2) Laguna Quirio (concentraciones de HAP bajas en época de lluvias y altas durante la época seca, en relación con el nivel de agua existente),
- 3) Barra de San Francisco y Puerto Estero (altas concentraciones de HAP), con un origen petrogénico (petróleo y sus derivados), que también pueden considerarse como áreas de depósito para estos contaminantes (Namihira- Santillán, 2005).

En el Cuadro 11 se exhibe una comparación de los niveles de HAP registrados tanto en México como en otras zonas del planeta.

**Cuadro 11**  
**Concentración de HAP totales en diferentes países**

Área de Estudio	HAPs Totales (µg/g)	Tipo de Ambiente	Referencia
Tabasco, México	34.657	Marino (Plataforma)	Botello et al. 1991
Salina Cruz, México	1.271	Marino (Puerto)	Botello et al. 1995
Salina Cruz, México	13.483	Marino (Puerto)	Botello et al. 1998
Río y estuario Pearl, China	19.28	Fluvial y Lagunar	Bixian et al. 2001
Bahía de Todos los Santos, México	3.376	Marino	Macías-Zamora et al. 2002
Santander, España	23.725	Marino (Bahía)	Viguri et al. 2002
Puerto Xiamen y Lago Yuan Dan	4.15	Marino y Lacustre	Shouming et al. 2004
Deep Bay, China	4.91	Lagunar (manglar)	Zhang et al. 2004
Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec (Lluvias)	5.35	Lagunar	Namihira- Santillán, 2005
Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec (Lluvias)	7.15	Lagunar	Namihira- Santillán Op. Cit.
Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec (Promedio)	6.25	Lagunar	Namihira- Santillán Op. Cit.

Fuente: Namihira- Santillán, 2005.

Namihira-Santillán (*Op. Cit.*), analizó 16 de los HAP considerados prioritarios por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) en tejidos de camarones del “tapo huave” propiedad de la S.C.P.P. Jaltepec de la Mar localizada en San Francisco Pueblo Viejo y del establecido en San Francisco Pueblo Nuevo, propiedad de la S.C.P.P. La Santa Rosa. El análisis registró seis HAP: acenafteno, pireno, criseno, benzo (k) fluoranteno, benzo (a) pireno, dibenzo (a, h) antraceno.

En base al número de anillos los HAP tienen el siguiente orden de importancia: 5 > anillos > 4 anillos > 2 anillos. Los HAP detectados son de alto peso molecular (4 y 5 anillos), siendo el benzo (k) fluoranteno (promedio  $4,26 \pm 0,55 \mu\text{g/g}$  de peso seco), Dibenzo (ah) antraceno con 5 anillos y encontrado en concentraciones promedio de  $5,52 \pm 2,97 \mu\text{g/g}$  de peso seco. En los camarones I (talla chica) del tapo camaronero de la S.C.P.P. Jaltepec de la Mar se detectó el acenafteno (dos anillos) en concentraciones de  $4,97 \mu\text{g/g}$ .

En la muestra de camarones del “tapo” de la S.C.P.P. Jaltepec de la Mar la concentración de HAP en camarones I corresponde a  $8,74 \mu\text{g/g}$  siendo menor a la registrada en los camarones II (talla grande) que resultó de  $10,98 \mu\text{g/g}$ . Estos últimos tienen una mayor acumulación de HAP de alto peso molecular.

En el “tapo” de la S.C.P.P. La Santa Rosa los camarones I presentaron concentraciones de HAP de  $7,66 \mu\text{g/g}$ , mientras que los camarones II registraron  $3,11 \mu\text{g/g}$ , teniendo estos últimos una propensión a acumular HAP de 4 y 5 anillos.

El hecho de haber encontrado HAP de alto peso molecular en concentraciones importantes en tejidos de camarón, indica que existe un proceso de bioacumulación de estos compuestos de alta afinidad con el tejido adiposo; un punto de interés sobresaliente en este caso es que estos compuestos poseen propiedades carcinógenas, pues su degradación en el hepatopáncreas, a través del sistema enzimático P-450, genera en muchas ocasiones compuestos que al ser oxidados, funcionan como radicales libres que atacan a distintas biomoléculas como por ejemplo el ADN.

Velandia-Aquino 2005, comprobó que las concentraciones de metales totales en sedimentos del Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec, registradas en épocas de lluvias y secas muestran el siguiente orden de importancia:

Hierro > Vanadio > Manganeso > Níquel > Cromo

En ambas épocas los sedimentos registraron porcentajes de carbonatos superiores a los de materia orgánica, en todas las estaciones analizadas del complejo lagunar.

En el “tapo” de la S.C.P.P. La Santa Rosa, los camarones I registraron  $30,62 \mu\text{g/g}$  de hierro y  $6,38$  de manganeso y los camarones II valores de  $13,01 \mu\text{g/g}$  de hierro y  $2,92 \mu\text{g/g}$  de manganeso. Los camarones I del “tapo” de la Jaltepec del Mar anotaron  $75,61 \mu\text{g/g}$  de hierro y  $1,59 \mu\text{g/g}$  de manganeso, mientras que los camarones II exhibieron  $114,18 \mu\text{g/g}$  de hierro y  $3,86 \mu\text{g/g}$  de manganeso.

## 14 LA CAMARONICULTURA TRADICIONAL HUAVE (IKOOT´S) Y LA CONTAMINACION POR COP

El Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec ha constituido la fuente más importante de recursos naturales de los huaves (ikoot´s) y ha determinado su vocación acuática como pescadores y esencialmente como navegantes, dado que los huaves (ikoot´s) mantuvieron el control de paso hacia el Soconusco y Guatemala a través de una ruta acuática que conecta a las lagunas del Istmo de Tehuantepec con las del Estado de Chiapas (laguna del Mar Muerto). Este control definió el papel de los huaves en el comercio como transportistas. De igual forma, debemos mencionar la sal, como uno de los recursos prehispánicos más abundantes del territorio huave (Alcalá, 1999; Bailón, 2001).

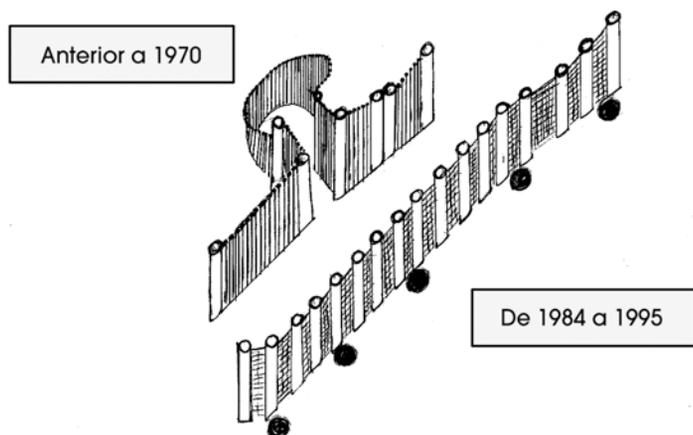
La descripción prehispánica de Burgoa (1674) sobre el cultivo de camarón de los huaves coincide con las estructuras denominadas "tajadizos" (tiülmboch) o "tapo huaves (ikoot´s)", empleados extensamente hasta la década de los ochenta en el sistema lagunar Occidental, Inferior, Mar Tileme y Laguna Quirio. Adicionalmente, Barrera-Huerta (1976a) apunta que durante las fases de luna llena y nueva, cuando los camarones experimentan movimientos de salida al mar y de migración de una laguna a otra, los pescadores emplean una serie de "tapos" en forma de V, hechos con varas de mangle y hojas de palma, teniendo en el extremo más cerrado una malla a manera de copo.

En el periodo de 1971-72 se efectuó la reproducción de un "tapo" con asesoramiento técnico de la SARH en aspectos de acuicultura, en el Estero Tajadizo que resultó un fracaso total. Posteriormente en 1974-75, la Empresa Elías Pando estableció una red a manera de "tapo" en la Unión de las Lagunas Tineongo y Timocas en el Puente de Cerro de Tortugas, obteniéndose una cosecha de camarón adecuada pero de un tamaño muy variable. Para 1975 la Dirección de Acuicultura dependiente de la Secretaria de Pesca realizó la construcción de un "tapo" en el Canal La Quinta, que no proporcionó los resultados económicos esperados. Para 1976 la misma Dirección de Acuicultura programó la construcción de dos obras denominadas "Estructuras de Control de Producción", una en el Puente Cerro Tortuga y otra en el Estero Los Otates; la construcción de esta última obra fue muy discutida y rebatida por el sector técnico de la Secretaria de Pesca, llegándose a desaprobado su construcción (Barrera- Huerta, 1976 b).

El "tiülmboch" o tapo huave (ikoot´s) prehispánico se modificó entre 1984 y 1995 con el empleo de troncos de palma de coco cubiertos con redes sostenidas en el fondo, en la mayoría de los casos, con costales de arena gruesa denominados "muertos". Así se llegó a obtener producciones en la Laguna Occidental de 90 Kg/ha (1984), con un promedio de 40-50 Kg. /ha., (fig. 9).

A partir de 1995 se comenzaron a emplear estructuras de control hidráulico de concreto con un sistema de dentellones, empotrándoles tablonces de madera que hacen las funciones de compuertas para mantener niveles de espejo de agua adecuados para el cultivo de camarón. Para evitar que el camarón escape, se emplean bastidores de madera y tablonces de malla. Una innovación técnica fue la siembra de postlarvas silvestres exclusivamente

Fig. 9. El "tiülmboch" o tapo huave (ikoot's) de estructura de troncos de cocos empleado de 1984-90



de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) acondicionado a bajas salinidades, con el resultando de que todos los "tapos huaves (ikoot's)" manejados bajo estas condiciones, han derivado en un fracaso rotundo tanto técnica como económicamente.

Es a partir del año 2002 que los encierros de camarón, practicados por los huaves (ikoot's) de San Francisco del Mar Pueblo Nuevo y Santa María del Mar se volvieron a manejar de manera tradicional, mientras que en San Francisco Pueblo Viejo se efectuó la construcción de una gran estructura de regulación hidráulica en la Laguna Occidental.

El registro de "tapos" en Cachimbo, La Gloria, y el reporte de que los huaves (ikoot's) ocuparon una porción importante de la Costa Sur de Tonalá, Chiapas, nos hace inferir que los huaves (ikoot's) generaron la reproducción y difusión del "tapo camaronero" y de la "atravesada", empleados ampliamente en los sistemas lagunares de Chiapas (Gerhard, 1991; UAM 1997, SEPESCA, 1989). En la actualidad los zapotecas (binnizá) de Juchitán de Zaragoza han reproducido el establecimiento de los "tapos huaves (ikoot's)" en la Laguna Superior.

En la región del Soconusco se encuentra documentada consistentemente la explotación de los recursos animales, sobre la base de restos de una serie de depósitos arqueológicos que abarca toda la prehistoria conocida de esta área, desde el periodo Arcaico (3000 a 2000 años a.c.) hasta el periodo Protohistórico (hace referencia al momento, cuando el Soconusco estaba controlado por los aztecas). Los resultados apuntan a que la población prehistórica capturaba camarones como un recurso alimenticio preferencial y practicaba la preservación de camarones mediante un procedimiento especializado, como es el secado con luz solar. Con base en los resultados de los estudios de los huesos arqueológicos del Holoceno medio y tardío, se infiere que esta población prehistórica empleaba "tapos" para capturar pescado. Aunque se carece de evidencias concretas, las clases de peces determinadas y la ausencia de herramientas de pesca llevan a esta conclusión (Voorhies, Michaels y Riser, 1991; Voorhies, 2003. Comunicación epistolar).

Se han encontrado COP en el Complejo lagunar de Tehuantepec donde pescan de manera tradicional los huaves (ikoot's)

## 15. LA DETERMINACIÓN DE COP EN TEJIDOS DE CAMARÓN DE LOS TAPOS HUAVES (TIÜMBOSCH IKOOT'S)

El análisis de los camarones provenientes del tapo de la Laguna Occidental manejado por la S.C.P.P. Jaltepec de la Mar mostró mayores niveles de COP que en los camarones capturados en el tapo de Lagartero de la S.C.P.P. Santa. Rosa de San Francisco del Mar. Se observó una concentración total más alta en los camarones del tapo de la Jaltepec de la Mar 1 (talla menor) con un valor de  $13,75 \text{ ngg}^{-1}$  seguidos por los de Jaltepec de la Mar 2 (talla mayor) de la misma cooperativa ( $X= 6,44 \text{ ngg}^{-1}$ ). Los camarones provenientes del tapo de la cooperativa Santa. Rosa presentaron menores niveles de COP y los de talla mayor tuvieron una concentración total mayor ( $4,73 \text{ ngg}^{-1}$ ) respecto a los de talla menor ( $0,20 \text{ ngg}^{-1}$ ). Se presentó de manera dominante el gamma-HCH o lindano, con un máximo de  $6,71 \text{ ngg}^{-1}$  en los organismos de Jaltepec de la Mar 1 (talla menor). El lindano sustituyó por algunos años al DDT en el uso agropecuario con la consecuente acumulación en los sistemas acuáticos, donde llegan estos compuestos a través de la vía atmosférica o fluvial, tras ser generados en zonas alejadas del ecosistema final. Cuadro 12.

**Cuadro 12**  
Niveles de contaminantes orgánicos persistentes en camarones de los tiümbosch de la S.C.P.P. La Santa Rosa y Jaltepec de la Mar, San Francisco del Mar, Oaxaca. (valores en  $\text{ngg}^{-1}$  peso seco)

Compuesto	Sta.Rosa 1	Sta.Rosa 2	Jaltepec 1	Jaltepec 2A	Jaltepec 2B
Alfa-HCH	N.D.	0.57	1.50	0.89	1.44
Beta-HCH	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Gamma-HCH (Lindano)	0.20	1.54	6.71	2.11	4.64
Delta-HCH	N.D.	0.61	2.77	1.98	N.D.
Heptacloro	N.D.	0.20	N.D.	1.83	N.D.
Aldrín	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Epóxido de Heptacloro	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Endosulfán I	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
p,p'-DDE	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Dieldrín	N.D.	N.D.	0.49	N.D.	N.D.
Endrín	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Endosulfán II	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
p,p'-DDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Endrín aldehído	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Sulfato de Endosulfán	N.D.	1.80	2.27	N.D.	N.D.
p,p'-DDT	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
CONCENTRACIÓN TOTAL	0.20	4.73	13.75	6.81	6.08
N.D. < $0.01 \text{ ngg}^{-1}$					
Sta. Rosa 1 = Talla menor					
Sta. Rosa 2 = Talla mayor					
Jaltepec1 = Talla menor					
Jaltepec2 = Talla mayor					

Cabe señalar, que estuvo presente la familia de los hexaclorociclohexanos (HCH), lo cual puede indicar su uso reciente en las inmediaciones de la zona. También se observó la presencia de heptacloro, el dieldrín y el sulfato de endosulfán, éste último como un producto de transformación a partir del compuesto original endosulfán. En el Catálogo Oficial de Plaguicidas (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas, 1998) el dieldrín está clasificado como prohibido desde enero de 1991, el lindano (gamma-HCH) está clasificado como restringido desde agosto de 1991, mientras que el heptacloro y el sulfato de endosulfán no tienen ninguna restricción. La Norma Oficial Mexicana NOM-029-SSA1-1993 (D.O.F. 31/01/95) para crustáceos destinados al consumo humano establece que estos productos pesqueros no deben contener COP en ningún nivel. El endosulfán es uno de los plaguicidas propuestos por IPEN para su inclusión como COP en el Convenio de Estocolmo. Por otra parte, el lindano ha sido nominado por el gobierno de México como nuevo COP en dicho convenio y la Secretaría de Salud ha cancelado las importaciones para que se agoten las existencias almacenadas y pueda cancelarse definitivamente su registro en el país.



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el Istmo Norte mexicano, el Complejo Petroquímico de Pajaritos en Coatzacoalcos, Veracruz, es la fuente industrial más importante de generación de COP incluidos en el Convenio de Estocolmo. En particular, la generación no intencional de dioxinas y furanos, está relacionada con el ciclo de vida del plástico PVC: la generación de dioxinas durante la producción de cloro por el uso de cátodos de grafito; la producción del monómero del cloruro de vinilo (especialmente pero no únicamente en la oxiclорación para producir dicloroetano) y la incineración de residuos peligrosos clorados generados en el Complejo Petroquímico Pajaritos.

La producción de cloruro de vinilo en el Complejo Petroquímico de Pajaritos es un eslabón intermedio en la cadena productiva del PVC donde los principales beneficiarios son las empresas privadas del Grupo Cydsa y Camesa, que dominan el mercado nacional del PVC y son sus principales exportadores.

El manejo de residuos hexaclorados y los diversos residuos peligrosos generados en el complejo Petroquímico de Pajaritos, para su tratamiento dentro del complejo o mediante la contratación de los servicios de empresas particulares para su confinamiento o exportación para su incineración, se han caracterizado por una serie de irregularidades que han ocasionado la imposición de multas y sanciones frecuentes por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

Para el caso del Complejo Petroquímico de Pajaritos es importante hacer notar que aunque Pemex indica que el nuevo incinerador II generará dioxinas y furanos dentro de los límites de emisión a la atmósfera establecidos por las autoridades mexicanas en la NOM-098-SEMARNAT-2002 que es de  $0.2 \text{ ng/m}^3 \text{ TEQ}$ , este es inferior a lo que se establece como límite máximo atmosférico en Europa de  $0.1 \text{ ng/m}^3 \text{ TEQ}$  por el Convenio de OSPAR para las plantas productoras de DCE/MCV, como se indicó en el cuadro 6. Por otra parte, una medición anual como indica la normatividad mexicana no es una frecuencia de medición que represente un "control" muy eficaz. A esto hay que agregar que no se reconoce que en otros puntos del proceso productivo del monómero de cloruro de vinilo (en la oxiclорación especialmente para DCE, pero no únicamente) se pueden generar también de manera no voluntaria estos COP.

La modernización y la ampliación al doble de la capacidad productiva del cloruro de vinilo en el Complejo Petroquímico Pajaritos, tendrá como resultado una mayor generación de dioxinas y furanos. Si Pemex no lo reconoce como un problema ¿cómo se pretende cumplir con los compromisos del Convenio de Estocolmo? ¿cómo se monitorea en el Complejo Petroquímico Pajaritos la reducción creciente de la liberación total ambiental de dioxinas y otros COP no intencionales, no sólo a la atmósfera sino al agua y residuos,? ¿cuándo se evaluarán de manera prioritaria formas alternativas que prevengan la

formación y liberación de dioxinas o la exigencia de las mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales, como lo establece el Convenio de Estocolmo?, ¿cómo se informa adecuadamente del riesgo a la salud de los trabajadores expuestos y de los riesgos ambientales a las comunidades potencialmente afectadas?. Es evidente, que estas y otras preguntas deben ser consideradas en el plan nacional de aplicación del Convenio de Estocolmo, pues hasta el momento los compromisos adquiridos en este acuerdo internacional no han sido tomados en cuenta por Pemex y la Federación.

Hay una ausencia de la normatividad ambiental mexicana relativa a los límites tolerables de dioxinas y furanos en el agua por la producción del monómero del cloruro de vinilo en el Complejo Petroquímico Pajaritos. Tampoco existen restricciones ambientales o límites máximos a las emisiones de sustancias cancerígenas como el dicloroetano y cloruro de vinilo en el complejo Petroquímico Pajaritos, como lo exige el Convenio de OSPAR en instalaciones de producción similares.

La comunidad científica mexicana en los últimos 30 años ha mostrado consistentemente la contaminación crónica del río Coatzacoalcos en sedimentos y tejidos de organismos por hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales pesados, especialmente cromo, plomo y mercurio, compuestos organoclorados, PCB. A ello se agrega el registro en huevos de gallina de traspatio cercanos al Complejo Petroquímico Pajaritos de dioxinas, furanos, PBC's, hexaclorobenceno y ésteres bifénlicos polibromados (PBDE).

La contaminación por dioxinas de huevos de gallina de traspatio cerca del Complejo Petroquímico Pajaritos, seis veces mayor al límite de la Unión Europea y casi 19 veces más alta que los niveles base ambientales, son un bioindicador de la alta contaminación que este complejo ha generado y de su posible impacto en las cadenas alimenticias de la región. Es importante destacar que las zonas de forraje para el ganado y las granjas de producción de huevo son áreas de producción alimentaria que están en riesgo.

En el Istmo Sur anotamos la presencia de hidrocarburos poliaromáticos (HAP) y metales pesados en el puerto de Salina Cruz y el Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec, el mayor sistema lagunar del país en el Pacífico Sur. Se registra la presencia HAP y metales pesados en camarones marinos y del sistema lagunar del Istmo de Tehuantepec, así como la presencia de COP como lindano y sulfato de endosulfán, en camarones en los tapos de cultivo huaves. El hecho de que esté registrada la presencia de HAP de alto peso molecular en concentraciones importantes en tejidos de camarón, indica que existe un proceso de bioacumulación de estos compuestos que tienen alta afinidad con el tejido adiposo, a lo que se agrega que estos compuestos poseen propiedades cancerígenas.

Ante la problemática descrita en este informe, recomendamos las siguientes acciones para que sean incorporadas en el plan nacional de aplicación del Convenio de Estocolmo:

- 1) Incluir a la cuenca baja del Río Coatzacoalcos como un área altamente contaminada por COP y establecer un mecanismo para instrumentar un plan de restauración ecológica del área afectada y un programa de atención a la población expuesta.
- 2) Establecer un comité multisectorial para cumplir los compromisos adquiridos en el Convenio de Estocolmo en la Cuenca del Río Coatzacoalcos que permita lograr la reducción y eliminación de fuentes generadoras de COP con la participación de las entidades federales, estatales y municipales competentes, incluidos Pemex Petroquímica, así como de los distintos sectores sociales expuestos los trabajadores, el sector académico y organizaciones de protección a la salud y al ambiente, y contribuir a pagar la deuda ambiental creada por el desarrollo petroquímico y petrolero de la región.

- 3) Detener la incineración de residuos organoclorados en el Complejo Petroquímico de Pajaritos, como una medida preventiva para evitar la formación y liberación de dioxinas y furanos, y evaluar formas alternativas de tratamiento que no los generen.
- 4) Realizar un estudio de salud ocupacional y epidemiológico en la población expuesta, incluyendo mujeres embarazadas y población infantil como sector más vulnerable, del Complejo Petroquímico Pajaritos, dado el uso de sustancias tóxicas cancerígenas y la generación histórica de dioxinas.
- 5) Realizar campañas de capacitación de trabajadores sobre la prevención de riesgos a la salud, relacionada en la generación de dioxinas y furanos en la producción de cloro y del monómero del cloruro de vinilo.
- 6) Desarrollar un programa de monitoreo de dioxinas y furanos en el Complejo Petroquímico de Pajaritos para su reducción continua y eventual eliminación. Los resultados de este programa deben de ser accesibles al público y formar parte del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).
- 7) Profundizar en la medición de la contaminación por dioxinas y furanos en el arroyo Teapa, sedimentos del Río Coatzacoalcos, fauna marina y estuarino lagunar que componen las pesquerías comerciales de la región.
- 8) Evaluar la contaminación por dioxinas en la zona ganadera y de producción de avícola al sur del Complejo Petroquímico de Pajaritos.
- 9) Establecer fechas límite para la sustitución de las celdas de mercurio por las de membrana o diafragma en la producción de cloro, para prevenir las liberaciones de mercurio al medio ambiente y su bioacumulación.
- 10) Abrir un proceso de debate público para evaluar las alternativas existentes y posibles que permitan sustituir la producción del monómero del cloruro de vinilo y PVC en sus diversos usos; como parte de una política nacional de materiales sustentable acordes con el Convenio de Estocolmo.
- 11) Realizar un programa de difusión masiva, tanto en el Istmo Norte como en el Sur, sobre las razones ambientales y de salud pública que motivaron la prohibición de los plaguicidas incluidos en el Convenio de Estocolmo, para prevenir su uso ilegal.
- 12) Promover formas alternativas agroecológicas de control de plagas como una medida preventiva de riesgos derivados de la exposición de plaguicidas organoclorados como el endosulfán, y de otros plaguicidas que ocasionan efectos agudos y crónicos en los trabajadores y comunidades.

## LITERATURA CITADA

ACOSTA Y ASOCIADOS 2001

"Inventario de Sitios en México con concentraciones elevadas de Mercurio". Reporte Final, preparado para la Comisión de Cooperación Ambiental, México. 23pp

ACKERMAN, F, R. MASSEY 2003.

"The Economics of Pushing Out PVC", Global Development and Environment Institute. Tufts University, Somerville, MA, 48pp.

AIEVAC- DELEGACIÓN SUR- [en línea]: documenting electronic on the Internet. [fecha de consulta 4 de marzo, 2005]. Disponible en <http://www.aievac.org.mx/delegaciones/sur.htm>.

ALCALÁ, M. G. 1999

"Con el agua hasta los aparejos: pescadores y pesquerías en el Soconusco, Chiapas". CIESAS, UNICACH, CIAD. México. 228pp.

ANIQ 2001

"Anuario de la Industria Química". ASOCIACIÓN NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA, A. C. ANIQ, México, 217pp.

ANIQ, 2005

"Grupo Provinilo". [en línea] ANIQ. [citado 15 de noviembre de 2005]. Disponible en: [www.aniq.org.mx](http://www.aniq.org.mx)

ARAGÓN, C. L., B. C. RIVERO 1986

"Metales trazas en sedimentos del Puerto de Salina Cruz, Oaxaca y Bahías adyacentes". Secretaria de Marina 30-43 pp.

ASERTEC 2001

"Empresas Administrativas". [en línea] ASERTEC. [citado 15 de noviembre de 2005]. Disponible en: [www.asertec.com.mx](http://www.asertec.com.mx)

BARKIN, D., T. KING 1970

"Desarrollo económico regional (enfoque por cuencas hidrológicas)". Siglo XXI. México. 265 pp.

BARRERA-HUERTA, R. 1976 a

"Algunos aspectos a considerar para la determinación de vedas, apertura y cierre de tapos y reglamentación de luz de malla de las atarrayas de pesca de camarón de las lagunas y marismas del estado de Oaxaca". *Mem. Simp. Biol. Dinám. Pobl. Camarones, Guaymas, Sonora*, México. 8 al 13 de agosto de 1976. 1:124-130 pp.

BARRERA-HUERTA, R. 1976 b

"Estudios sobre los tamaños de captura comercial de camarón blanco (*P. Vannamei*) en las Lagunas Oriental y Occidental y Marismas del estado de Oaxaca, México". *Mem. Simp. Biol. Dinám. Pobl. Camarones, Guaymas, Sonora*, México. 8 al 13 de agosto de 1976. 1:115-123 pp.

BE SAFE 2005

"PVC Action" [en línea]: documenting electronic on the Internet. The Center for Health, Environment and Justice, and the Environmental Health Strategy Center [ fecha de consulta octubre de 2005]. Disponible en [www.besafenet.com](http://www.besafenet.com)

BEJARANO GONZALEZ, F. 2004

"Guía Ciudadana para la Aplicación del Convenio de Estocolmo", México, RAPAM, RAPAL, IPEN, ONUDI, PNUMA, GEF. 200 pp

BELLIVEAU, M. y S. LESTER 2004

"PVC Bad News Comes in 3. "The Poison Plastic, Health Hazards and the Looming Waste Crisis". The Center for Health, Environment and Justice, and the Environmental Health Strategy Center. Virginia, Estados Unidos de Norteamérica. 17pp

BENÍTEZ TORRES, J. A. 1994

"Laguna Superior, Oaxaca: Su uso y niveles de toxicidad en un contexto regional". Secretaria de Marina. Dirección General de Oceanografía. México. 70 pp.

BLAKE, A. 2005

"The Next Generation of POPS: PBDEs and Lindane." International Pops Elimination Network (IPEN) [en línea]: documenting electronic on the Internet. [ fecha de consulta 26 de abril, 2005]. Disponible en [www.ipen.org](http://www.ipen.org)

BOTELLO, A. V., L. RUEDA QUINTANA, G. DÍAZ-GONZALEZ, A. TOLEDO 2000

"Persistent organochlorine pesticide (POPs) in Coastal Lagoons of the Subtropical Mexican Pacific". *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 64:390-397.

BOTELLO V. A., MACKO A. S, 1980

"Presencia de Hidrocarburos fósiles (N-parafinas) en sedimentos recientes de lagunas costeras en el Pacífico Mexicano". *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 7(1):159-168.

BOTELLO, A. V., S.F. VILLANUEVA, G. G. DÍAZ, E. ESCOBAR-BRIONES 1998

"Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments from Salina Cruz Harbor and Coastal Areas, Oaxaca, Mexico", *Marine Pollution Bulletin* 36:7:554-558.

BOTELLO, A.V., S. VILLANUEVA, Y. PICA, G. DÍAZ, 1994.

"Impactos sobre los sistemas acuáticos. Evaluación geoquímica del Puerto de Salina Cruz". 183-207pp. In: TOLEDO, O. A. (Coord) 1994. "Riqueza y pobreza en la costa de Chiapas y Oaxaca". Centro de Ecología y Desarrollo, A.C. México. 491pp.

BOTELLO, A.V., S. VILLANUEVA, Y. PICA, G. DÍAZ, 1994.

"Impactos sobre los sistemas acuáticos. Evaluación geoquímica del Puerto de Salina Cruz". 183-207pp. In: TOLEDO, O. A. (Coord)

1994. "Riqueza y pobreza en la costa de Chiapas y Oaxaca". Centro de Ecología y Desarrollo, A.C. México.491pp.
- BOTELLO, V. A., F. PÁEZ 1986  
"La Contaminación: el problema crucial". Vol. I. Centro de Ecodesarrollo. México.140p
- BOZADA ROBLES, L. M. 2004  
"Los pescadores Zapotecas". [en línea]: documenting electronic on the Internet. [fecha de consulta 4 de marzo, 2005].Disponible en <http://istmo.ciesas.golfo.edu.mx/docs/iambiente.html>.
- BRAVO, H., SOSA, R., TORRES, R. 1992  
La calidad del aire en la conurbación industrial de Coatzacoalcos-Miniatitlán, Cap. VI: 17-145. In: Restrepo, I. (Ed) 1992. *La Contaminación atmosférica en México. Sus causas y sus efectos en la Salud*. México, D.F.Comisión Nacional de Derechos Humanos, México.
- BRUNO, K. 1994.  
"Inventory of Toxic Technologies". Greenpeace Toxic Trade Project. USA. 70pp
- CARRASCO, T. 2004  
"Sin "hexas" lodos de la Sta. Rosa: Romero". *Diario del Istmo*, 7 de junio.  
(CCA) COMISION DE COOPERACION AMBIENTAL "Hoja de datos Mercurio". 04,2003 [www.cec.org](http://www.cec.org)
- COMISION DE COOPERACION AMBIENTAL, TRIO 2005  
"Aplica la CCA pruebas para detectar sustancias tóxicas en sangre materna" TRIO, Boletín de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte. Num, 16, Otoño. p. 6
- CMAI, 2005  
"2005 World Vinyl Analysis. [ en línea] Chemical Market Associates Inc (CMAI).[citado 2005]. Disponible en: [www.vinylworld.net/PVC\\_Directory.html](http://www.vinylworld.net/PVC_Directory.html)
- COMISIÓN COORDINADORA PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC 1976  
"Plan para el Desarrollo Integral del Istmo de Tehuantepec." México.
- COMISIÓN COORDINADORA PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC 1976  
"Plan para el Desarrollo Integral del Istmo de Tehuantepec." México.
- CONDE, M. 2005.  
"Consolidación inteligente en el negocio Cloro-Vinilo. *Ambiente Plástico*. Enero-Febrero. 20 pp
- CORDOBA, M. 2004  
"Desmantelan 6 petroquímicas. Dice Pemex que eran incosteables. Quedan sólo cimientos en 4 de Cosoleacaque y se desmantelan 2 de Pajaritos. *Reforma*, 15 de julio.
- COSTNER, P. 1995  
*PVC: a primary contributor to the U.S. dioxin burden. Comments on U.S. EPA Dioxin Reassessment "Estimating Exposure to Dioxin like compounds" ( External Review draft, June 1994)*. Greenpeace International Science Unit. Netherlands. USA
- COSTNER, P. 2003  
*Greenpeace comments on UNEP Chemical's "Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases"* Netherlands.
- COSTNER, P. 2005  
*EDC/VCM/PVC Production-Dioxin Emission Factors*. Eureka Springs, Arkansas, Estados Unidos de Norteamérica. Owltree Environmental Consulting. Comunicación Epistolar, 3 de agosto.
- COSTNER, P. 2006  
"Estimando las liberaciones y priorizando las fuentes de dioxinas en el Convenio de Estocolmo. Factores de emisión para incendios forestales, incendios de pastizales y páramos, quema de residuos agrícolas en el campo, quema de desechos domésticos al aire libre, incendios en rellenos sanitarios y vertederos". IPEN, RAPAM.
- CYDSA 2004  
"Química y plásticos"[ en línea].Cydsa. [5 de noviembre del 2005]. Disponible en [www.cydsa.com/espanol](http://www.cydsa.com/espanol)
- DE BURGOA, F. 1674  
"Geográfica descripción de la parte Septentrional del Polo Ártico de la América y, nueva iglesia de las Indias occidentales, y sitios astronómicos de esta provincia de predicadores de Antequera Valle de Oaxaca". Tomo II. Primera edición en la Biblioteca Porrúa. Editorial Porrúa. 402- 405pp.
- DE WALT, B. R., L. NORIEGA, RAMÍREZ-ZAVALA, J. R., R. G. GONZÁLEZ 2000  
"Shrimp Aquaculture, People and the Environment in Coastal Mexico." World Bank, WWF. FAO, NACAP.102 pp.
- DESIGNA 2000  
"Acuerdo de emplazamiento. Expediente N° 30-039-UIV-124/00. Orden de Inspección N° E00.2315/200/.Acta de Inspección N° 30-039-006/00". 4 de octubre, Monterrey, Nuevo León, 6 pp.
- Di GANGI, J., J. PETRLIK 2005  
"The Egg Report" [en línea]: documenting electronic on the Internet. [fecha de consulta 26 de abril, 2005].Disponible en [www.IPEN.org](http://www.IPEN.org).

- DUCHIN, M, 1997.  
"Dioxin Factories Exposed". Greenpeace's Secret Sampling at U.S. Vinyl Plants" a Greenpeace Report. Washington, Amsterdam. 14pp
- DURO FELGUERA, S,A, 2002.  
"Descripción del Proceso A-548-P-BB-002. Documento terminado Final". Petroquímica Pajaritos S. A. de C.V. 48 pp
- DURO FELGUERA, S.A, 2005.  
"[en línea]: documenting electronic on the Internet. [14 de diciembre, 2005]. Disponible [www.gdfs.es/index.asp/](http://www.gdfs.es/index.asp/)  
Esta pendiente lo que sacastes de la pagina
- EUROPEAN COMMISSION 1999  
"Releases of dioxins and furans to land and water in Europe". Final Report. Lansdesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Germany on behalf of European Comisión DG Environment
- EUROPEAN COMMISSION 2003  
"Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry". Section 12 Ilustrative process: ethylene dichloride/vinyl chloride monomer.Chapter 12. 291-322pp
- GALLEGOS GARCÍA, A., J. BARBERAN FALCÓN 1998  
"Surgencia Eólica". Cap. 3:27-34. En: M. Tapia-García (Ed) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*, 240p. UAM-Iztapalapa, México.ISBN -654-348-1
- GALLEGOS, A. 1994  
"El Golfo de Tehuantepec". In: Toledo, A. (Coordinador): *Riqueza y Pobreza en la Costa de Chiapas y Oaxaca*. CECODES. 73-85pp.
- GARZA, G. ( Compilador) 2000  
"Tendencias de las desigualdades urbanas y regionales en México 1970-96" *Estudios Demográficos y Urbanos* 8:3:486-532
- GARZA, G. 1996  
"Cincuenta años de Investigación Urbana y Regional en México, 1940-91. Colegio de México. 325pp.
- GERHARD, P. 1991  
"La frontera sureste de la Nueva España". Inst. de Investigaciones Históricas. UNAM 1-20pp
- GÓMEZ, G. G. 2005  
"Evaluarán los efectos de polución en embarazadas". *Liberal del Sur*, 13 de julio.
- GUTIERREZ, M. C., L. BUCIO , A. SOUZA 1979  
" Mercurio" Cap. 10. In: Albert, L. *Introducción a la Toxicología Ambiental"* . Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, OPS, OMS, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Ecología, México.
- HALFFTER, G., R. IBARRA, A. OCHOA 1972  
"Estudio de la contaminación en el Bajo Río Coatzacoalcos". *Primeros trabajos*. ENCB-IPN, México.
- HERNÁNDEZ-SANGERMÁN, J. 2000  
"Las semillas del verbo en la cultura ikoot's". Tesis. Facultad de Teología. SEDITEH. Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca. México.
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA 2005  
"Iniciarán estudio de impacto epidemiológico en esta zona". *Diario de Xalapa*, 30 de marzo del 2005.
- IPEN / ARNIKA / RAPAM 2005  
"Contamination of chicken eggs near the Pajaritos Petrochemical Complex in Coatzacoalcos, Veracruz, Mexico by dioxins, PCBs and hexachlorobenzene". IPEN/ ARNIKA/RAPAM. 28pp.
- LASTRA, J. 2004  
*La Jornada*, 8 diciembre.
- LAVIN, M. F.; J. M. ROBLES; M. L. ARGOTE; E. D. BARTON; R. SMITH; J BROWN; M. KOSRO; A: TRASVIÑA, H. S. VÉLEZ Y J: GARCÍA, 1992, "Física del Golfo de Tehuantepec", en *Ciencia y Desarrollo*, vol. XVIII, núm. 103:97-108.
- MAGAÑA, V., J. L. PÉREZ, J. L. VÁZQUEZ, E. CARRISOZA, J. PÉREZ, 1999  
"El Niño y el Clima". Cap. 2: 23-66. In: MAGAÑA, V. (ED). *Los impactos de El Niño en México*. Universidad Nacional Autónoma de México/InterAmerican Institute for the Global Change Research/Secretaría de Gobernación/Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, D.F.
- MARKOWITZ G. y ROSNER D., 2002  
"Deceit and Denial. The Deadly Politics of Industrial Pollution". University of California Press. Berkeley, Los Angeles, London. The Milbank Memorial Fund. New York.
- MENDEZ, R. V. del M. 1999  
"Petroquímica Pajaritos S.A. de C.V." Pemex Petroquímica, México. 31pp.
- MEXICHEM 2005  
"Descripción de la empresa" [ en línea].Bolsa mexicana de capitales [ citado 16 de noviembre de 2005]. Disponible en: [http://www.bmv.com.mx/BMV/JSP/sec5\\_infoemis.jsp?idmenu=1&seidemi=5188](http://www.bmv.com.mx/BMV/JSP/sec5_infoemis.jsp?idmenu=1&seidemi=5188)
- MORALES, A. T. 2005 a  
"Exigen a PEMEX estudio epidemiológico en municipios afectados". *La Jornada*, 7 de febrero.
- MORALES, A.T. 2005 b

- "Monitoreo epidemiológico en zonas de derrames en Veracruz". *La Jornada*, 30 de marzo
- NAMIHIRA-SANTILLÁN, P. E. 2005
- "Determinación de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos en Sedimentos y Organismos del Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México" Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología en proceso. ICMYL-UNAM. México. 52pp.
- OSPAR COMMISSION 1998
- "Ministerial Meeting of the OSPAR Commission. Sintra, 22-23 July 1998. Main Results". London, UK, 110pp. www.ospar.org
- OSTROM, E. 2000
- "El Gobierno de los Bienes Comunes. La evolución de las Instituciones de Acción Colectiva". Primera Edición en Español. UNAM, CRIM. FCE. México. 319 pp.
- PEMEX 2001
- "BOLETIN DE PRENSA. ZS006-01". Relaciones Públicas, Coatzacoalcos. 1 de noviembre, 2 pp.
- PEMEX 2002
- "Informe de Labores" [en línea]: documenting electronic on the Internet. [ fecha de consulta 4 de marzo, 2005]. Disponible <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=1&catID=237&subcatID=649>.
- PEMEX 2002
- "Informe Estadístico de Labores" [en línea]: documenting electronic on the Internet. [ fecha de consulta 4 de marzo, 2005]. Disponible <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=1&catID=237&subcatID=650>
- PEMEX 2003
- "BOLETIN DE PRENSA. 15.05.2003". Relaciones Públicas, Coatzacoalcos. 15 de mayo.
- PEMEX 2003
- "Informe de Labores" [en línea]: documenting electronic on the Internet. [ fecha de consulta 4 de marzo, 2005]. Disponible <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=1&catID=237&subcatID=649>
- PEMEX 2003
- "Informe Estadístico de Labores" [en línea]: documenting electronic on the Internet. [ fecha de consulta 4 de marzo, 2005]. Disponible <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=1&catID=237&subcatID=650>
- PEMEX 2004
- "Informe de Labores" [en línea]: documenting electronic on the Internet. [ fecha de consulta 4 de marzo, 2005]. Disponible <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=1&catID=237&subcatID=649>
- PEMEX s/f
- "Análisis de la Modernización y Ampliación de 200,000 a 405,000 Ton/año de MCV en la planta DCIII". Informe interno. PEMEX. 97 pp.
- PEMEX Petroquímica Pajaritos, 2003
- Actualización de manejo de residuos peligrosos. Planta Incinerador II. Curso de capacitación. Manual del Participante. Septiembre, 40pp más anexos.
- PERDOMO-CAPETILLO, M. 1987
- "La expansión industrial y las condiciones ecológicas en la zona Minatitlán-Coatzacoalcos. Su efecto en las aguas del Golfo de México. I Seminario O.E.A. sobre " Estado Actual de la Contaminación Marina en América Latina y el Caribe. Buenos Aire, Argentina 14-18 de diciembre de 1987. 112-162pp.
- PETCO 2005.
- "The Latin America PVC Market". Petroquímica Colombiana S.A. (PETCO). Presentación en Power Point en el Primer Congreso Brasileño del PVC, Sao Paulo, junio 7, 2005.
- PNUMA, Productos Químicos, IOMC, ONU 2005. "Instrumental normalizado para la identificación de dioxinas y furanos." 2nda Edición, Febrero 2005, Sección 6.7.2 Industria Química.
- PREVOT SCHAPIRA, M. F. 1994
- "El sur de Veracruz en el siglo XIX: una modernización "a marcha forzada". Cap. 9: 245-278. En: HOFFMANN, O, VELÁZQUEZ, E. (Coords) 1994. "Las llanuras costeras de Veracruz. La lenta construcción de regiones. ORSTOM/ UV, 340pp.
- PROFEPA. DELEGACIÓN VERACRUZ. SUBDIRECCIÓN JURÍDICA 2001
- "Denuncia Penal". Xalapa, Ver. 4 de mayo, 4 pp.
- PROFEPA. DELEGACIÓN VERACRUZ. SUBDELEGACIÓN DE VERIFICACIÓN INDUSTRIAL. 2001
- "Expediente 30-41-UV-030/01". 16 de julio, Xalapa de Enríquez, Ver.
- PROFEPA. SUBDELEGACIÓN DE VERIFICACIÓN INDUSTRIAL. DELEGACIÓN VERACRUZ 2001
- "Nota Informativa". 18 de junio, Xalapa de Enríquez., Ver.
- REINA, A. L. 1994
- "Economía contra Sociedad. El Istmo de Tehuantepec. 1907-1986. Editorial Nueva Imagen. México. 337pp.
- REINA, A. L. 1997.
- "Las Zapotecas del Istmo de Tehuantepec en la reelaboración de la Identidad Étnica Siglo XIX". XX Congreso Internacional LASA 1997. 17 -19 de abril 1997, Guadalajara, México. [en línea]: documenting electronic on the Internet. [fecha de consulta 4 de marzo,

- 2005]. Disponible <http://lasa.international.pitt.edu/LASA97/reinaoyama.pdf#search='zapotecas%20leticia%20reina'>
- RODRÍGUEZ- HERRERO, P. H. 2003  
"Inversiones e infraestructura en el Istmo mexicano: una visión diacrónica". [en línea]: documenting electronic on the Internet. [ fecha de consulta 4 de marzo, 2004].Disponible en [http://www.iis.ucr.ac.cr/recursos/cidcacs/especial/integracion/mesa2/Hipolito\\_Rodriguez.pdf](http://www.iis.ucr.ac.cr/recursos/cidcacs/especial/integracion/mesa2/Hipolito_Rodriguez.pdf)
- RODRÍGUEZ- HERRERO, P. H. 2004  
"El Istmo de Tehuantepec y sus lecturas". *Comercio Exterior* 54:4:296-311.
- ROMERO-CENTENO, R., J. ZAVALA-HIDALGO, GALLEGOS, A., J. O. BRIEN 2003  
"Isthmus of Tehuantepec Wind Climatology and ENSO Signal. *Journal Climate* 16: 2628-2639.
- ROSKIL, 2004.  
"The Economics of Salt" Press Release 2004/07/20, [www.infoshop.com](http://www.infoshop.com)
- ROSSI, M. 2001  
"Exposición Neonatal a DEHP ( di-2-etilhexil ftalato) y oportunidades para la Prevención". [en línea] Asociación Argentina de Médicos por el Medio Ambiente. [ citado 15 de noviembre de 2005]. Disponible en: ([www.aamma.org](http://www.aamma.org))
- SANTAMARIA, M.E. 1991  
"4 muertos y mas de 300 lesionados al estallar el tren de línea de la planta clorados 3. *Diario del Istmo*, 12 de marzo.
- SANTANDER VERA, I. 2005  
"A partir del mes de marzo, se esperan temperaturas altas en la región sur de Veracruz y con ello inicia la quema de pastizales, lotes baldíos y basureros informó el Comandante del Cuerpo de Bomberos Jorge García Cruz". *Diario Liberal del sur*, 19 de febrero.
- SANTANDER VERA, I., G. LÓPEZ-CHION 2004  
"En riesgo, salud de 400 obreros en Cangrejera por manejo de tóxicos". *Diario Liberal del Sur*, 16 de diciembre.
- SASS, J. B., B. CASTLEMAN, D. WALLINGA 2005 a.  
"Vinyl Chloride: A Case Study of Data Supression and Misrepresentation". Natural Resource Defense Council, Environmental Consultant and Institute for Agriculture and Trade Policy, en *Environmental Health Perspectives*. 113:7:809-812. SASS, et al. 2005b. *Environmental Health Perspectives*. 113:10:A 654-655.
- SCHETTLER T, J. STEIN, F. REICH, M. VALENTI 2000  
"En la línea de fuego: amenazas tóxicas para el desarrollo del niño", Greater Boston Physicians for Social Responsibility. Asociación Argentina de Médicos por el Medio Ambiente.
- SCHÉCTER A, L. BIRNBAUM, J. J. RYAN, J.D.CONSTABLE. 2006  
"Dioxins: An overview". *Environmental Research*, 9pp disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- SECODAM 2001. Directorio de proveedores y contratistas sancionados. Unidad de Normatividad de Adquisiciones, Obras Públicas, Servicios y Patrimonio Federal. Secodam [en línea]: documenting electronic on the Internet. 2001[ fecha de consulta 4 de marzo, 2005].Disponible en <http://www.secodam.gob.mx/unaopsf/dgasan/sanciona.htm>.
- SECOFI, SECRETARÍA DE ENERGÍA 1997  
"Programa de desarrollo de la industria petroquímica mexicana 1977-2000. *Diagnostico y lineamientos*". Informe de SECOFI, Secretaria de Energía. México.
- SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL. INE. 1995 a  
"OFICIO A. O.O. P. 004." 10 de enero, México, D. F.
- SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL. INE. 1995 b  
"OFICIO 0028 ". 6 de enero, México, D. F.
- SEMARNAP 1993  
"Oficio D.O.O. DGNA 1402. 9 de Abril, México, D. F.
- SEMARNAP. INE. DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES, RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIEGOSAS 1996  
"Oficio DOO-800". 24 DE septiembre. México, D. F. 2pp.
- SEMARNAP. INE. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL 1995  
"Oficio D.O.O.D.G.N.A. 05466". 29 de noviembre. México, D.F.
- SEMARNAP.SUBPROCURADURÍA DE VERIFICACIÓN INDUSTRIAL. DIRECCIÓN GENERAL DE INSPECCIÓN INDUSTRIAL 1996  
"Oficio N° PFFA-SVI-DGII-0101/96". 1 de Agosto, Tecamachalco, Edo. de México.
- SEMARNAP. SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL. DIRECCIÓN GENERAL DE MANEJO INTEGRAL DE CONTAMINANTES 2002  
"Autorización para la incineración de Residuos Peligrosos". 31 de enero, México, D. F. 4pp.
- SEPESCA 1989  
"Evaluación técnica, social y económica del sistema de cultivo artesanal de camarón en Chiapas". Sepesca.125 pp.
- SIN AUTOR 2000  
"Petroquímica Pajaritos" cumple la normatividad ambiental en material de hexaclorados: PROFEPA. *Diario del Istmo*, 20 de octubre.
- SIN AUTOR 2001.

- "Pemex recibió y da a conocer certificados de incineración de hexaclorados de los años 1997, 1998 y 2001. *Diario 21*, 5 de septiembre.
- STRINGER, R., LABUNSKA I. & BRIGDEN, K. 2001 d  
 "Organochlorine and heavy metal contaminants in the environment around Primex, Altamira, México". Technical Note: 04/2001. Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, Prince of Wales Road, Exeter EX4 4PS, Reino Unido.
- STRINGER, R., LUBUNSKA, I., BRINDEN, K., 2001a  
 "Contaminantes organoclorados y metales pesados en el ambiente alrededor del Complejo Petroquímico Pajaritos, Coatzacoalcos, México". Nota técnica 05/2000. Laboratorios de Investigación Greenpeace, Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad de Exeter, Exeter, Reino Unido. 19 pp
- STRINGER, R., P. JOHNSTON, 2001b  
 "Chlorine and the Environment. An Overview of the Chlorine Industry". Kluwer Academia. Desprrecht / Boston / Londres. 79-103 pp.
- STRINGER, R., P. JOHNSTON, E. BEA, 2001c  
 "Toxic chemicals in a child's world: an investigation into PVC plastic products". Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, Prince of Wales Road, Exeter EX4 4PS, Reino Unido.
- THORPE, B. 2005  
 "PVC Plastic (Vinyl) an Environmental Poison". [en línea] Clean Production Action [ citado el 15 de diciembre de 2005]. Disponible: [www.cleanproduction.org](http://www.cleanproduction.org)
- THORNTON, J. 1997  
 "Dioxin from cradle to grave". The PVC Lifecycle. A Greenpeace Report. Washington, Amsterdam 58pp
- TOLEDO, A., L. BOZADA 2002  
 "El delta del río Balsas. Medio Ambiente, pesquerías y sociedad. SEMARNAT - INE -Colegio de Michoacán. 294pp.
- TOLEDO, O. A. 1983  
 "Como destruir el Paraíso". *El Desastre Ecológico del Sureste*. Centro de Ecodesarrollo-Océano, México. 149pp.
- TOLEDO, O. A. 1998  
 "Economía de la Biodiversidad". PNUMA. Serie Textos Básicos. México. 273pp,
- TUDELA, F. (coord.) 1990  
 "La modernización forzada del trópico húmedo: el caso de Tabasco, México". El Colegio de México. 475pp.
- UAM 1997  
 "Programa de desarrollo regional sustentable. Costa de Chiapas. Resumen Ejecutivo. UAM. México, D.F. 84pp.
- UNGER, K 1990  
 "Las exportaciones mexicanas ante la reestructuración industrial internacional. La evidencia de las industrias química y automotriz." El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica. México.
- USFDA 1984  
*Action levels for chemical and poison substances*. U. S. Department of Health Education and Welfare Washington D.C.
- VAN DER NAALD, G. N., B. G. Torpe 1998  
 "PVC Plastic. A Looming Waste Crisis". Greenpeace Internacional. Holanda. 71 pp.
- VELANDIA-AQUINO, L. B. 2005  
 "Determinación de la contaminación por metales pesados en el Complejo Lagunar del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México". Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología en proceso. ICMYL-UNAM. México. 46pp.
- VILLICAÑA, G., J.M. AGUILAR 2004.  
 "Status in Mexico regarding Hg. situation and trends, legal framework, and remediation activities". In: "Regional Awareness-Raising Workshop On Mercury Pollution, A global problem that needs to be addressed. Buenos Aires, Argentina, 13-16 Sept 2004. UNEP Chemicals- IOMC, pp 145-149
- VOORHIES, B., G. H. MICHAELS, RISER, M. G. 1991  
 "An ancient shrimp fishery in South Coastal Mexico". *National Geographic Research and Exploration* 7(1):20-35.
- WORLD CHLORINE COUNCIL, 2002  
 "The World Chlorine Council and Sustainable Development". [en línea] WORLD CHLORINE COUNCIL [ citado 15 de noviembre de 2005]. Disponible en: [www.worldchlorine.com](http://www.worldchlorine.com)
- YARTO R., M., A. GAVILAN, G., J. CASTRO 2004.  
 "La contaminación por mercurio en México". *Gaceta Ecológica* 72 :21-34

