



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



**TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION
AGRICOLA ACTUAL CONTAMINACION DE
SUELOS POR EL PETROLEO Y SUS DERIVADOS.**

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA AGRICOLA
P R E S E N T A
MARIA MEZA HERNANDEZ

ASESOR: M.C. LAURA B. REYES SANCHEZ

CUAUTITLAN, EDO. DE MEXICO

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZADA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: OFICIO DE TERMINACION
DE LA PRUEBA ESCRITA.

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S.-C.

Con base en los art. 19 y 20 del Reglamento General de Exámenes, informo a ud., que ha sido concluido el trabajo de seminario: Tópicos Selectos de la Producción Agrícola Actual. Contaminación de suelos por el Petroleo y sus derivados.

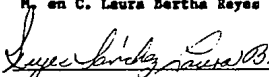
que presenta la pasante: María Mesa Hernández
con número de cuenta: 7827184-7 para obtener el TITULO de:
Ingeniera Agrícola

Bajo mi asesoría, cubriendo los requisitos académicos.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 22 de Noviembre de 199 4
M. en C. Laura Bertha Reyes Sánchez


NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN


V. B.
DEPARTAMENTO DE EXAMENES
PROFESIONALES

UAE/DEPIA01

EXAMENES PROFESIONALES

mipr*

A la memoria de mi madre †

**... a todos aquellos que por
alguna razón física, moral, económica o
de salud no concluyeron sus
estudios profesionales.**

**Como un reconocimiento especial a
Sra. Guadalupe García García
Srita. Aurora López Trinidad**

Con todo mi amor a mis hijos

Diana y Fernando.

Con gratitud a mi esposo, mi padre y mis hermanos.

A todos los estudiantes de México.

AGRADECIMIENTOS

Por este conducto quiero hacer extensivo mi agradecimiento a la M.C. Laura Bertha Reyes Sánchez por su disponibilidad y acertada dirección para concluir este trabajo.

Al Lic. Hugo Morales Torres, Subdirector de Tratamiento de la Información de la Dirección Regional Centro Sur INEGI, por su tolerancia y apoyo incondicional; a la Lic. Ruth I. Jasso Valdes por su valiosa intervención y apoyo desinteresado.

A mis profesores de la FES Cuautitlán y a todos aquellos que me hicieron saber sus sugerencias para estructurar este trabajo.

~~-----~~
Agradezco especialmente a la Srita. Silvia C. Gavito Ticozzi por sus oportunas traducciones y a la Srita Aurora Meza Hernández por su trabajo mecanográfico.

A mis compañeros de T. I. y a todos aquellos que de alguna manera intervinieron en la realización del presente, muchas gracias.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	9
I. ANTECEDENTES	10
1. Reseña de la explotación del petróleo	10
2. Producción petrolera	12
3. Zonas afectadas.	14
II. IMPACTO ECOLÓGICO	16
1. Impacto sobre actividades productivas	16
a) Agricultura	16
b) Ganadería	17
c) Silvicultura	17
d) Pesca	18
2. Impacto en la sociedad y su economía	18
3. Legislación ecológica	19
4. Actividades ecológicas de PEMEX	20
III. EFECTOS Y FORMAS DE AFECTACIÓN	25
1. Afectación a los suelos	25
2. Afectación a las plantas	26

IV. MÉTODOS DE RESTAURACIÓN	29
1. Consideraciones previas	29
2. Métodos físicos	31
3. Métodos químicos	33
4. Métodos biológicos	44
CONCLUSIONES	38
Anexo 1 Reservas petroleras mundiales	41
Anexo 2 Cuencas productoras de petróleo en México	42
Anexo 3 Producción de petróleo crudo	43
Anexo 4 Producción y ventas de petróleo en 1993	44
Anexo 5 Centros de refinerías, petroquímica y planta de absorción	45
Anexo 6 Oleoductos y gasoductos	46
BIBLIOGRAFÍA	47

INTRODUCCIÓN

Suelo y petróleo, recursos naturales no renovables, igualmente importantes para el desarrollo de las actividades humanas; reclaman urgentemente nuestra atención para su uso, explotación y preservación.

Del suelo depende el hombre, pues vive sobre él, se alimenta y se protege de los elementos que de él emergen, además, es uno de los recursos más vulnerables sobre el cual se han provocado los mayores impactos.

Con respecto al petróleo, principal energético de la "Gran Maquinaria Productiva" del mundo, del cual se genera una gran diversidad de materias primas; además, para México, constituye una fuente de entrada de divisas bastante importante.

Esta industria en sus diversas actividades, ha contaminado el agua, aire y suelo; sobre este último versa este trabajo, donde se pretende exponer desde el punto de vista agrícola las formas de afectación así como las técnicas de restauración al mismo.

Cabe mencionar que, los impactos ocasionados debido a la contaminación del suelo por el petróleo no sólo se pueden determinar desde un punto de vista técnico sino también, se deben visualizar desde una perspectiva sociológica y económica-política.

La bibliografía técnica encontrada "de" o "para" el país es casi nula, se tiene un poco mas en las áreas de sociología y ecología; tal vez porque la cuestión ecológica se empezó a desarrollar en México después del incendio del pozo Ixtoc en 1979, a partir de entonces, diferentes autoridades sólo se han preocupado por legislar respecto a estos rubros.

Con base en esto, nuestro papel como técnicos debe ocuparnos con entereza de los problemas ecológicos y sociológicos que conllevan esta actividad, procurando que las riquezas naturales sean aprovechadas con una precisión que derive más satisfactores a nuestro pueblo y a nosotros como individuos.

OBJETIVOS

- El objetivo principal de este trabajo es señalar las situaciones por las cuales se contaminan los suelos, cómo afecta tal contaminación a los suelos agrícolas y las actuales técnicas para restaurarlos.
- Enunciar de manera general la problemática ecológica y sociológica que se deriva por la explotación del petróleo.
- Plantear algunas alternativas agrícolas para el manejo del suelo después de extraer los hidrocarburos.

I. ANTECEDENTES

1. Reseña histórica de la explotación del petróleo en México.

"El petróleo, al igual que otros recursos naturales, ha ido cambiando en su importancia, en su explotación y en su uso a través de la historia y del espacio." (Macías y Serrat 1981)

Desde la época precolombina, se tiene referencia de las "Chapopoterías" las cuales se localizaban en algunos lugares de las costas del Golfo de México y afloraban en la superficie del suelo, el petróleo se obtenía de manera directa y se usaba como medicamento, impermeabilizante, pegamento e incluso como incienso en ritos religiosos.

Durante la Colonia se le dio poca importancia, debido a que se hicieron leyes donde se declaraba "pertenencia absoluta al dueño del predio" de todos los recursos naturales, incluyendo los "jugos de la tierra" que se encontrasen en su propiedad, tanto para su uso como su explotación.

Fue a finales del siglo XIX cuando se descubren yacimientos en Texas lo que impulsó a personas extranjeras a venir a México para buscar reservas. Es a principios de este siglo cuando Porfirio Díaz, siendo él entonces Presidente de la República Mexicana, otorga concesiones a compañías petroleras inglesas y norteamericanas para su explotación. Cuando concluyó la Revolución Mexicana se empezó a regular la explotación petrolera, se redactaron artículos constitucionales para establecer que los recursos del suelo y subsuelo son propiedad de la Nación.

Con la expropiación petrolera en 1938 surge Petróleos Mexicanos (PEMEX), organismo que hasta la fecha controla la exploración, perforación de pozos, extracción y comercialización de dicho recurso.

- La explotación del petróleo se acrecentó paulatinamente en base al desarrollo industrial de algunos países que demandaban nuevos energéticos.

Para México, el auge de esta industria se da a partir de la construcción de las primeras refinerías, y es más significativo después de la expropiación cuando se establecen las siguientes refinerías: Atzacotalco (1946), Salamanca (1950), Minatitlán (1956); y las plantas de absorción: Poza Rica (1947), Reynosa (1955); y, obviamente con el desarrollo de la petroquímica en 1959.

En cuanto a reservas petroleras, México ocupa el sexto lugar y el cuarto con respecto a la producción mundial.(anexo 1)

2. Producción petrolera

Tanto para exploración como producción se realizan trabajos costa afuera (Tampico y Tabasco) y en la faja costera del Golfo de México, conocida como la "Faja de Oro Mexicana", que se extiende desde la frontera con los Estados Unidos de Norte América hasta el estado de Chiapas.(anexo 2)

Son seis las cuencas distribuidas en esta zona y se denominan:

- 1) Burgos
- 2) Tampico
- 3) Misantla
- 4) Veracruz.
- 5) Salinas y Macuspana.
- 6) Chiapas y Campeche

De esta última se extrae el 72% de la producción nacional de crudo.

En los últimos años la producción de crudo en México se ha mantenido constante, como se puede observar en el anexo 3.

La producción del año anterior y las metas para el presente son las anotadas en el anexo 4.

Como se puede apreciar, México posee una alta potencialidad en cuanto a la explotación del petróleo, de ahí que, se tengan algunos pronósticos a largo plazo tales como; para el año 2003 PEMEX proyecta un incremento neto de 3,850 millones de barriles en las reservas probadas; en materia de producción se augura un incremento

neto de 553,000 barriles diarios (b/d) de crudo, lo que implica una producción aproximada de 3.2 millones de b/d para mediados del siglo próximo. Con respecto al gas se considera en forma paralela y se logrará un incremento neto de 637 millones de pies cúbicos diarios (MMpcd) para el año 2006. La mayor parte de esta producción será destinada al consumo del mercado nacional.

Actualmente, la exportación de crudo es casi el 50% de la producción nacional, los principales compradores son: Estados Unidos de América, España, Japón y Francia.

3. Zonas afectadas

Indudablemente las áreas que han sufrido un mayor deterioro ecológico debido a las actividades de PEMEX son las zonas donde se extrae el crudo, es decir, la costa del Golfo y, principalmente, la región sureste donde a la fecha se localizan los principales pozos productores, siendo éste un territorio con biodiversidad, además cuenta con sitios arqueológicos importantes y asentamientos indígenas; situaciones por las cuales se incrementa nuestra responsabilidad para conservarlos.

En el interior del país se pueden señalar las zonas donde se encuentran las refinerías y petroquímicas; así como los lugares por donde se extiende la red de oleoductos y gasoductos e incluso los puertos en los cuales opera PEMEX actualmente (anexos 5 y 6).

Volviendo a señalar que la contaminación es tanto para el suelo como para los cuerpos de agua e incluso la atmósfera, me permito ejemplificar con lo siguiente:

"La zona petrolera más grande, dentro del país consta de 60000 kilómetros cuadrados -que abarcan 22 municipios del sur de Veracruz, 17 de Tabasco, tres de Chiapas y dos de Campeche- donde sus habitantes, principalmente campesinos, andan sobre riqueza pero viven en la absoluta pobreza". (Proceso [325]). De estas tierras, particularmente de suelos agrícolas o ganaderos, se reportan para el Estado de Chiapas una superficie aproximada de 350 mil hectáreas¹; en el Estado de Tabasco el problema afecta a la mayor parte del estado por lo que en 1976 se originó el "Pacto Ribereño" cuya organización de 5000 campesinos tabasqueños, surgió para presionar a PEMEX,

¹ Excelsior, 17 junio 1979.

reclamando sus indemnizaciones. lo que además, obligó a las autoridades petroleras a tomar medidas para reducir los índices de contaminación.

Por último, debido a la infraestructura o maniobras se ha afectado lo siguiente:

"Los ríos donde el esfuerzo anticontaminante se considera más urgente, además de Coatzacoalcos, son: Lerma-Santiago, Pánuco, Balsas, Blanco, Fuerte, Guayalejo, Conchos, Coahuayana, San Juan, Culiacán y Nazas". (Proceso [145]). También el Grijalva, Usumacinta, San Pedro y San Pablo, Palizada, Jataté, Santo Domingo, entre otros de la región sureste.

"El kilométrico y monumental gasoducto, que pasa por los Estados de Chiapas, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas; cruza 231 kilómetros de zonas pantanosas; 17 ríos importantes; 90 carreteras federales y canales, afecta a 2920 propiedades, se convierte rápidamente en polvo y en un serio problema".

Cabe mencionar que el gasoducto pasa a un costado de la planta nuclear eléctrica de Laguna Verde (Proceso [362]).

Otros gasoductos importantes son el que transporta el gas extraído de la sonda de Campeche hacia ciudad PEMEX con una longitud de 167 km. y, el de zona gasera de Xilango que envía a la estación de compresión Astata, está instalado en aproximadamente 300 hectáreas.

El puerto de Dos Bocas en el Estado de Tabasco, debido a su construcción en 1980, afectó a 1060 hectáreas de cocotero, siendo éste Estado el principal productor de copra y dotador de materia prima para oleaginosas del sureste.

II. IMPACTO ECOLÓGICO

1. Impacto sobre actividades productivas.

a) Agricultura.

Dentro de este rubro, la explotación del petróleo ha dejado una huella bastante profunda a la que no se le ha dado la importancia que merece.

Para empezar, pensemos en el sureste, denominado por muchos el "paraíso", donde se tiene una biótica muy variada, y fue considerado un territorio "agroexportador especial" tanto de cultivos como de fauna culinaria.

La frontera agrícola en estas zonas ha ido disminuyendo día a día debido al descubrimiento de nuevos pozos y a la infraestructura que se construye para extraer, procesar o transportar el crudo; por ejemplo, se reporta que cada pozo petrolero puede contaminar aproximadamente 20,000 m² de suelo.

La emisión de gases y el derrame de aceite han afectado la producción de coco, cacao, cítricos, mango, plátano, pimienta, yuca, papaya, guanábana, entre otros cultivos de menor importancia.

La afectación severa de los suelos puede derivar una contaminación de los mantos acuíferos y/o además el agotamiento de los mismos debido al consumo por parte de PEMEX para sus diversas actividades.

Otro punto relevante es la salinidad de los suelos y de los recursos hidrológicos también provocada por la realización de las obras para la explotación del petróleo.

b) Ganadería

Esta actividad económica también depende de los suelos, aunque en un tiempo, la ganadería debido a la rentabilidad estaba desplazando a la agricultura. Actualmente en lugar de pastizales se tienen florecientes campos petroleros, no solamente por falta de suelos ha desaparecido la ganadería sino también por la contaminación de los volúmenes de agua.

c) Silvicultura

En este renglón, con sólo mencionar la selva Lacandona podemos inferir el grado de deforestación que se tiene. Como ya se mencionó, se debe principalmente a la construcción de infraestructura y a la explotación de pozos petroleros. "De acuerdo con los últimos datos oficiales, de un millón quinientas mil hectáreas, que originalmente abarcaba, hoy, apenas cuenta con la tercera parte" (Proceso [777]).

Es digno señalar que, el gobierno decretó la veda en la selva Lacandona en 1989; sin embargo, por tratarse del petróleo continúa destruyéndose.

La deforestación no sólo abarca árboles grandes, también lleva consigo la pérdida o extinción de material genético de flora y fauna. Debido a ello se cita lo siguiente: de seguir con la explotación irresponsable "continuaría el desmonte

de 1000 hectáreas de suelos tropicales por año, con la consecuente erosión e inundaciones que destruyen cosechas y pesquerías", además, "se perdería - según las investigaciones-culturas, costumbres y conocimientos avanzados sobre el uso de la selva. Desaparecerían mas de 5000 especies conocidas de flora y fauna silvestre" (Proceso [777]). Se vuelve a recalcar, una vez mas, que esta es una de las mas importantes reservas a nivel mundial dadas las características endémicas de las especies que en ella se desarrollan.

d) Pesca

Esta actividad tiene una relevancia tanto económica como social, debido a que un buen número de familias depende de ella. La contaminación de aguas por derrames en tierra o accidentes en el mar², ha provocado que la actividad piscícola se vea grandemente afectada; por ejemplo la pesca de camarón que perjudicó tanto a pescadores como a empresas empacadoras y congeladoras.

2. Impacto en la sociedad y su economía

Como ya se señaló, las actividades económicas están siendo afectadas de manera considerable, como consecuencia del desplazamiento de tales actividades, la falta de empleo (o en su defecto, la compra de plazas en PEMEX) la situación inflacionaria local por la presencia de PEMEX y la proliferación de cinturones de miseria. Debemos tener presente que la salud de los que viven en esas zonas y también de los que vivimos en el resto del país también se ha visto deteriorada, desencadenandose así conflictos e inconformidades entre las autoridades y el pueblo.

² Ejemplo lamentable, el accidente del pozo Ixtoc I en la sonda de Campeche.

3. Legislación ecológica

En México no existe una legislación para proteger el suelo. La Ley General de Equilibrio Ecológico de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), señala lo referente a un plan de contingencia para control de derrames de hidrocarburos (1989) y lo que corresponde a la estructuración y manejo de documentación referente a residuos peligrosos (1989).

Las normas sobre las cuales se apoya el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) son las declaradas por la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (EPA); y, las relativas a residuos peligrosos emitidas por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), las cuales se denominan: NOM-CRP-001-ECOL/93 y la NOM-CRP-002-ECOL/93; la primera, describe las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al medio ambiente; la segunda, establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Para la elaboración de tales normas intervinieron diferentes secretarías de estado, paraestatales e incluso empresas particulares.

PEMEX colaboró a través de las siguientes oficinas:

- Auditoría de Seguridad Industrial, Protección Ambiental y Ahorro de Energía.
- Gerencia de Protección Ambiental y Ahorro de Energía.
- PEMEX-Gas y Petroquímica Básica
- Gerencia de Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

Las características que señalan éstas normas para los materiales que enlista como peligrosos, se determinan con el índice CRETIB, que corresponde a lo siguiente: Corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y características biológico-infecciosas.

También se nombra a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente como la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de las mencionadas normas.

4. Actividades ecológicas de PEMEX

Se dice que la mayoría de las actividades que se han realizado son en pro de la ecología. Sin embargo también se han detectado anomalías, que como empresa de rango nacional no debería descuidar.

Petróleos Mexicanos considera que la protección del ambiente no es solamente una obligación que impone la ley sino una responsabilidad moral ante la sociedad. Para tener un juicio mas preciso, en seguida enuncio algunas de las actividades que han trascendido por los medios de comunicación, sin pretender llegar al sensacionalismo.

En 1975 el Dr. Alfonso V. Botello realizó un trabajo en el que señaló que las áreas más contaminadas corresponden a los sitios donde se encuentran petroquímicas y refinerías, citando las lagunas de Pueblo Viejo y Tamiahua en el Estado de Veracruz, del Carmen y Machona en el Estado de Tabasco (Proceso [139]).

Después de este estudio, se reportan incidentes en el río Lerma (en Abril de 1977) debido a incendios continuos provocados por los desechos industriales de la refinería de Salamanca.

El 3 de junio de 1979, se registra el accidente petrolero más grande ocurrido en México, el incendio del pozo Ixtoc I, en donde las pérdidas económicas y ecológicas ascendieron a varios miles de millones de dólares americanos.

En 1983 se produjo una explosión en el gasoducto Cactus-Los Ramones en el pueblo de Sanchez Magallanes, Tabasco; debido a la corrosión del metal por el ácido sulfhídrico, además de la falta de mantenimiento.

A causa de éstas y otras situaciones como la no indemnización de afectaciones, los campesinos perjudicados se organizaron para presionar a Pemex, por ejemplo el ya mencionado "Pacto Ribereño" cuyos congregados se vieron obligados a tomar fuertes medidas para ser escuchados.

Así, en 1983 se tenía un reporte de más de mil fuentes de contaminación atmosférica y más de doscientas fuentes de contaminación de aguas, de campos y centros de trabajo.

El conjunto de estas situaciones originó que PEMEX emprendiera una serie de medidas para contrarrestar la contaminación, y en ese mismo año firma un convenio con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, donde asume la obligación de proteger, controlar y restaurar el medio ambiente, en lo relativo a sus actividades de explotación e industrialización.

Para proteger el agua y el aire se destacan : el tratamiento de aguas residuales en complejos petroquímicos y la clausura de la refinería Atzacapotzalco en el D.F. Además, pretende evitar los olores provenientes de los tanques de almacenamiento, racionalizar el uso de gas natural en industrias localizadas dentro y fuera del valle de México, mejorar la calidad de combustibles así como el ahorro de energía.

En lo que se refiere al suelo, en 1983 se crea un programa, con una inversión de ochocientos millones de viejos pesos (N\$800,000), en acciones operativas de protección ecológica para los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso, Comalcalco, Cunduacán, Jalapa y Nacajuca, todos del Estado de Tabasco.

Restauración de un campo de 80 Ha. contaminado por derrame de hidrocarburos en Tamaulipas-Constituciones, Estado de Tamaulipas.

Restauración de suelos a causa de derrames de fosas de desecho (baterías de separación) en el Plan, Ixhuatlán, Blasillo, Moloacán y La Venta en el Estado de Tabasco.

En las zonas como el Pantano de Santa Alejandrina, Minatitlán, Veracruz; Puerto de Dos Bocas, Tabasco y Laguna el Limón, Chiapas; se aplica un programa enfocado hacia la conservación, desarrollo y aprovechamiento de la flora y la fauna apegado a los lineamientos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Indemnizaciones

Este punto se trata por separado debido a su importancia económico-social, siendo reflejo de un efecto ecológico. Se ejemplifica con lo siguiente :

En 1983, la organización "Pacto Ribereño" reclamaba el pago de cuatro mil millones de viejos pesos (N\$4,000,000), de los cuales sólo habían recibido doce millones de viejos pesos(N\$12,000).

En 1986, se indemnizó con 13.1 millones de viejos pesos por la salinidad de ochocientas diez hectáreas a ejidatarios de Astata, Campeche.

En 1987 se indemnizó con 11.7 millones de viejos pesos (11.7 mil N\$) y 74 rollos de alambre a ejidatarios de San Antonio Cárdenas, Tabasco por la salinidad de doscientas sesenta hectáreas y la corrosión de cercas de alambre.

En la selva Lacandona para perforar el pozo Ocotol I, PEMEX pidió 4 Ha. a cambio de 11 700 000 viejos pesos (N\$11,700) pero en realidad se afectó una superficie mayor (Proceso [777]).

Infraestructura

Esta cuestión tiene tanta relevancia ecológica como económica, por ejemplo la deforestación de la selva Lacandona debido a la infraestructura que se requiere para llevar agua para los pozos Ocotol I y Nazareth 301.

El caso del oleoducto que nace en Cactus, Chiapas y concluye en Los Ramones Nuevo León, con una longitud de 1250 kilometros ³, y que fue construido para surtir de

³ Las zonas que son afectadas se mencionan en el punto 3 del capítulo II.

gas a los Estados Unidos de América, contrato que nunca se efectuó. El derroche fué de 2000 millones de dólares para transportar "un chorrito de gas", para lo que bastaba invertir 500 millones de dólares americanos (Proceso [362]).

PEMEX sabe que los fenómenos ecológicos derivan conflictos de orden social y político, al Estado de Tabasco, por ejemplo, se le presta atención especial.

III. EFECTOS Y FORMAS DE AFECTACIÓN

1. Afectación a los suelos

El derrame de crudo generalmente afecta características físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Dentro de las propiedades físicas se altera la estructura del suelo debido a la ruptura de los agregados, tomando éstos un aspecto laminado de color oscuro.

En el caso de las propiedades químicas, se observa un aumento de la concentración de carbono, principalmente, en la superficie del suelo, ya que el 75% del carbono que contiene el crudo es oxidante. Por otra parte, se tiene una disminución del pH debido a la acumulación de materia orgánica en la capa superficial, resultado del incremento en la concentración del CO_2 por efecto de la reacción del crudo.

Al provocar reacciones anaeróbicas se favorece la transformación de Mn^{+4} y Mn^{+3} en Mn^{+2} que es la forma intercambiable que pasa al complejo del suelo y sustituye a los cationes de sodio, potasio y calcio; de tal forma que, al ser absorbido por las plantas en grandes proporciones causa toxicidad.

Por otro lado, se ha observado que en los suelos afectados por derrames de crudo se tiene un incremento en el fósforo disponible a más de 20 ppm.

Algunos constituyentes inorgánicos como los metales pesados que están presentes en las fracciones orgánicas, no son biodegradables, pero tienden a inmovilizarse en el suelo por fuerzas físicas y químicas.

En lo referente a microorganismos en el suelo, el derrame de petróleo bloquea el intercambio de gases, afectando a las bacterias; parte de los microorganismos mueren, pero otros tienen la capacidad de utilizar los hidrocarburos como fuente de energía, basándose en esta capacidad microorgánica ha sido posible el desarrollo de las técnicas de recuperación de suelos.

Debido a las circunstancias anteriores se puede deducir que la fertilidad del suelo también se afecta severamente. Uno de los varios experimentos al respecto reporta lo siguiente: Schwendinger (citado por Toogood, 1977) realizó una prueba de germinación con semillas de sorgo, observando una escasa germinación; el frijol y el centeno tuvieron mayor porcentaje pero el desarrollo fue muy raquítico. Al mismo suelo se le dio un tratamiento durante seis semanas (secado por volatilización) y, posteriormente, se sembró avena la cual reportó un 80% de germinación en comparación con un 88% en un suelo no contaminado y un 32% para un suelo sin el tratamiento descrito.

Otra forma de afectación de los suelos corresponde a las presas de desecho⁴, los lodos aceitosos y lodos plumizos se pueden derramar por los vertederos a causa de las precipitaciones elevadas, invadiendo campos agrícolas o ganaderos. Los desperdicios forman una película impermeable en el suelo que impide la difusión de oxígeno y ocasionan la muerte del cultivo.

2. Afectación a las plantas

Baker, 1971 (citado por Muñoz, V. 1981) indica que la fisiología de las plantas se puede ver afectada cuando se contaminan con petróleo crudo, ya que es posible, que

⁴ Contienen aprox. 2000 litros de aceite, y se calcula que su derrame afectaría 70Ha.

ciertos componentes puedan penetrar a la planta y se muevan por los espacios intercelulares o por el sistema vascular.

Los experimentos de Currier, et. al en 1951 y 1955 (citado por ídem) percibieron que si las plantas se exponen a cantidades constantes de vapores de benceno, tolueno, xileno y trimetilbenceno, el primer síntoma es oscurecimiento de las puntas de las hojas jóvenes, además de una pérdida de turgencia y la consecuente caída de tallo y hojas.

Otros estudios han mostrado que el hidrocarburo se puede absorber por las hojas, penetrando a través de la cutícula y los estomas; esta absorción depende de la tensión superficial y viscosidad del petróleo. Tal situación provoca una baja en el porcentaje de transpiración y fotosíntesis, debido al bloqueo estomático y de espacios intercelulares.

Se pueden señalar dos tipos de toxicidad: 1) Toxicidad aguda, se percibe inmediatamente y la planta muere debido a quemadura de hojas y tallos, y, 2) Toxicidad crónica que, a diferencia de la anterior, el proceso es más lento, señalado por amarillamiento de las hojas y su muerte posterior.

Muñoz, V. (1981) cita las conclusiones a las cuales llegó Currier y son:

1. La clase de daño producido en las plantas es de tipo agudo mas que crónico
2. Los hidrocarburos actúan mas de manera biofísica que bioquímica.
3. La membrana plasmática es la estructura crítica afectada.

Como puede apreciarse los efectos nocivos pueden ser ligeros y, algunas veces, pudieran ser reversibles, aunque -generalmente- con los derrames de petróleo el daño es bastante severo.

Es conveniente recalcar que, cuando las plantas se intoxican con el petróleo, además de que se pierden, alteran los ecosistemas naturales ya sean agropecuarios o forestales.

IV. MÉTODOS DE RESTAURACIÓN

1. Consideraciones Previas

Antes de elegir alguna técnica para limpiar o rehabilitar los suelos será necesario considerar:

- a) Tipo de suelo y su permeabilidad: Se debe evaluar la riqueza en nutrientes y microfauna para impulsirlas o darles tiempo a que degraden el crudo.
- b) Tipo de vegetación: Debido a que algunos disolventes penetran rápidamente en los tejidos (por ejemplo manglares) también se afectaría a organismos y microorganismos que ahí viven.
- c) Tipo de fauna: Para determinar acertadamente la toxicidad de algún dispersante que pudiera no afectarles.
- d) Cantidad y tipo de combustible: En función de esto elegir el método mas adecuado para separarlo del suelo.
- e) Condiciones del medio ambiente: Esto es debido a que en los climas fríos la degradación es más lenta que en las zonas calientes o templadas.

Independientemente del método que se determine aplicar puede realizarse lo siguiente en forma previa: .

1a. Etapa:

Se recupera la mayor parte del hidrocarburo derramado por medios mecánicos, manuales o con equipo especializado.

2a. Etapa:

Se acondiciona el suelo por medio del drenado, lo que implica en desalojar y conducir en forma controlada el agua de desecho vertida en los terrenos hasta un sitio para su disposición final -mediante drenes- posteriormente se aplica un producto adsorbente, como la paja, el bagazo de caña o productos comerciales a base de turbas.

3a. Etapa:

Consiste en aplicar bacterias aeróbicas que sean capaces de degradar los contaminantes orgánicos en el suelo y/o estimular las bacterias nativas a través de la adición de fertilizantes.

En México, no se realiza investigación respecto a la generación de tecnología para recuperar suelos contaminados por hidrocarburos.

Los trabajos de recuperación que actualmente se están realizando en Tabasco y Minatitlán se llevan a cabo por compañías norteamericanas o canadienses a quienes el Instituto Mexicano del Petróleo solo controla, presta apoyo técnico y supervisa.

Las alternativas que se pueden aplicar para recuperar los suelos se describen a continuación.

2. Métodos Físicos

a) Incineración.

Es un método aplicable para suelos con alta cantidad de hidrocarburos pesados, R. de Filippi, J. Markiewicz (1991) reportan que este método también se puede aplicar en desperdicios de refinerías.

Este método es de uso restringido por la contaminación del aire que provoca, además del costo, el cual se estima en dos mil dólares americanos por tonelada.

b) Desorción térmica.

Es similar al anterior, pero se logra el objetivo a temperaturas menores.

Se realiza con un implemento llamado secadora rotativa la cual alcanza temperaturas de 980° C lo que permite evaporar el combustible, recomendado para suelos contaminados con sustancias volátiles y semivolátiles como gasolina o diesel. Q. Azees (1991) realizó un experimento con suelos contaminados con aditivos y gasolina aplicando temperaturas entre 450 y 600° F alcanzando una eficiencia del 99%.

El costo de la recuperación por este método se estima de 30 a 125 dólares americanos por hectárea.

c) Lavado de suelos con surfactantes.

M.S. Shearon et al (1991) realizaron un trabajo con estos productos (surfactantes). El tratamiento se hizo fuera del sitio, las muestras de suelo fueron mezcladas con el aditivo y posteriormente colocadas en pilas donde se continuó el tratamiento con microorganismos.

El tratamiento fue efectivo; ya que se trató aproximadamente una hectárea en 20 días. El suelo estaba contaminado con gasolina diesel, keroseno y aceite de motor.

Este método no es aplicable para componentes pesados.

La compañía Exxon Valdez ha utilizado un limpiador biodegradable llamado PES-51 para lavar suelos contaminados en Alaska. La inyección de este limpiador se realiza con equipo especializado.

El lavado de suelos también se puede realizar con vapor o aire, éste último es bueno en suelos contaminados con productos volátiles.

d) Vitrificación.

Este es uno de los métodos más recientes (extremadamente caro) que actúa por medio de electrodos que emanan temperaturas de 1100 a 1600° C, los cuales provocan que la masa contaminante se condense alrededor de ellos. Se denomina vitrificación porque la masa compactada tiene un aspecto de vidrio.

3. Métodos químicos

a) Encapsulado.

Este método se ha ideado para tratar a residuos que no es fácil degradar por otros métodos, pero que es necesario guardar para que no contaminen y no estén libres, principalmente por su peligrosidad.

Previamente, el material contaminante se combina con material absorbente y posteriormente se protege con capas de sílice. Es un método bastante caro.

D.H. Rez (1992) realizó algo similar a lo anterior y propone convertir las áreas con material contaminante en zonas de material útil; efectuando los pasos siguientes:

1. Remover los hidrocarburos contaminantes de la superficie.
2. Mezclar esos extractos con agua y cemento.
3. Utilizar esa mezcla para formar columnas de concreto.

Este material se puede utilizar en la pavimentación de carreteras, elaboración de blocks, estructuras para la construcción de edificios, etc.

4. Métodos Biológicos

Método que emplea la potencialidad de microorganismos que pueden degradar los hidrocarburos, esta actividad se impulsa con la adición de nitrógeno, fósforo y potasio lo que les permite facilitar su propagación en el suelo.

H. H. Tabak et al (1991) realizaron estudios en una zona costera de Alaska contaminada por el derrame del petrolero Exxon Valdez.

Era una zona contaminada con petróleo intemperizado lo que dificulta más su degradación, usaron un producto llamado inipol EAP 22, nitrógeno soluble al agua y una solución con fósforo.

Después de seis semanas de incubación la biodegradación fue significativa principalmente para productos poliaromáticos.

A. Ladousse y B. Tramier (1991) durante doce años realizaron investigaciones usando Inipol EAP 22 considerado como un fertilizante oleofílico y concluyeron lo siguiente:

1. Tiene la misma acción en climas fríos o cálidos.
2. Con la aplicación de este fertilizante se incrementa la biodegradación.
3. El contenido del nitrógeno y fósforo en el fertilizante es suficiente y adecuado para la actividad microbiana.

4) La adición de este fertilizante actúa en la consistencia del aceite e incrementa la posibilidad de la actividad microbiana.

Respecto a elementos ligeros como gasolina, el tratamiento con microorganismos es el más indicado por los nulos efectos secundarios que ocasiona comparados con otros métodos. Además, si se baja el pH del suelo la degradación es más rápida.

Este tipo de corrección también es bueno para tratar aguas negras y grasas creadas en la producción de alimentos, hoteles y restaurantes, así como, derrames de productos químicos ocasionados en accidentes cuando éstos son transportados.

En éstos casos, si sólo se lavan las vías de comunicación con agua común, el contaminante se infiltra y tiene efectos a largo plazo.

La compañía Británica "International Bioremediation Services " (IBS), ha desarrollado mezclas de bacterias naturales no patógenas capaces de degradar compuestos químicos y orgánicos.

Estas bacterias inician su actividad cuando se ponen en contacto con los contaminantes, produciendo enzimas específicas que descomponen productos complejos en moléculas simples y no dañinas, como agua y dióxido de carbono.

La estrategia del tratamiento difiere según el contaminante y el sitio contaminado. La empresa IBS realizó lo siguiente en un tratamiento para aguas subterráneas:

1. Inyección de una suspensión de bacterias específicas en el suelo o punto de impacto.
2. Recirculación por bombeo de una mezcla de suspensión bacteriana contaminante pasándola por un biorreactor para oxigenar y proporcionar nutrientes a las bacterias.
3. Reinyección en el suelo de una alta concentración de bacterias y enzimas.

Los tratamientos biológicos generalmente se realizan in situ, lo que reduce los costos de movilización, evitando los cargos por transporte, eliminación e incineración.

A la fecha, la biorremediación es uno de los métodos que trata de estar a la vanguardia, pues incluso se patentan las fórmulas de tales tratamientos. El primero en patentar una comepetróleo fue Ananda M. Chakrabarty en 1972 (Muy interesante, 1994).

En general se puede considerar que los petroleos parafínicos son más degradables que los cicloparafínicos. Los más lentos para la degradación son los aromáticos (Toogood 1977).

Considero pertinente señalar que los métodos que más comunmente se aplican en México son : el biológico, la incineración y el encapsulado. Por otra parte, se observa que, cuando se contratan los servicios de una empresa

extranjera para realizar limpieza o recuperación de suelos o agua, se hace en paquete, es decir, la empresa aplica su tecnología, trae su personal y equipo para realizar el trabajo; sobretodo para los métodos más sofisticados.

Como se mencionó anteriormente, el método a elegir para restaurar un suelo dependerá de las características del contaminante, del suelo y de las condiciones ambientales; independientemente del grado en que se logre su "descontaminación" la etapa final será darle un buen manejo a ese suelo: cubriéndolo con una capa de vegetación nativa para que concluya su total restauración.

CONCLUSIONES

En México, como en otros países subdesarrollados, la explotación de este recurso se realiza bajo una normatividad muy deficiente, todo esto derivado del esquema económico-político donde nos desarrollamos.

La acumulación de estos residuos contaminantes realizada durante años y los reclamos sociales han obligado a PEMEX a intervenir, aunque de manera parcial, en la solución de algunos problemas ecológicos.

PEMEX es una empresa que puede planificar sus actividades con "proyección efectiva", sin descuidar ningún aspecto, tiene la capacidad tanto económica como moral y humana para actuar con efectividad y eficiencia en todas sus actividades. Sin embargo, la política económica le da poca importancia a situaciones como los "charcos de petróleo en el suelo"; pero es ahí, donde nosotros como profesionistas tenemos una mayor responsabilidad moral para exigir que se solucionen y eviten problemas como estos.

Cabe recalcar que, como ciudadana mexicana, es mi obligación denunciar y/o exigir que se cumpla con lo que las leyes y normas establecen; principalmente en el orden ecológico.

Como profesionistas tenemos la obligación de colaborar decididamente para educar con el ejemplo en pro del medio ambiente, principalmente a los grupos con quienes se viva o trabaje.

Durante este estudio me percaté que, dentro del aspecto técnico, en lo que compete a rehabilitación de suelos hay mucha investigación, lamentablemente, efectuada por técnicos de otras nacionalidades y nuestros institutos sólo funcionan como supervisores (mas bien informadores) de los trabajos que compañías extranjeras realizan en nuestro país.

Suena contradictorio pero es real, y, si estamos buscando la independencia auténtica y el desarrollo de nuestro país, es tiempo que los profesionistas de todas las ramas actuemos con más ética, ya sea para investigar, autorizar, inspeccionar e incluso consumir, buscando una preservación auténtica del medio ambiente.

Como Ingeniero Agrícola, con esta experiencia, confirmé que no es la profesión ni el puesto laboral los que intervienen para colaborar, sino que, basta con la voluntad de querer hacer las cosas para realizarlas.

Como ejemplo, queda este trabajo, que quizá no soluciona nada físicamente, pero que deseo sirva de punto de partida para que mínimamente se concientice a quien lo lea y no digamos de quien lo escribe.

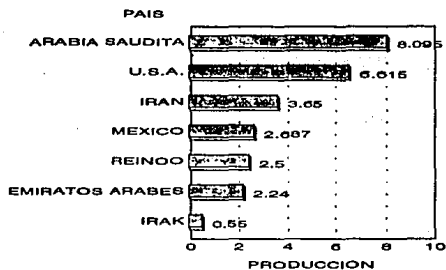
Como alternativas agrícolas para el manejo de suelos rehabilitados se proponen siembra de pastos nativos e inducidos, además de reforestar con plantas nativas que hayan mostrado cierta resistencia a la contaminación por el petróleo.

Exhorto a mis compañeros de carrera y estudiantes en general a que continuen explorando temas como éste, que son necesarios, indispensables, interesantes y muy satisfactorios.

ANEXOS

ANEXO 1.

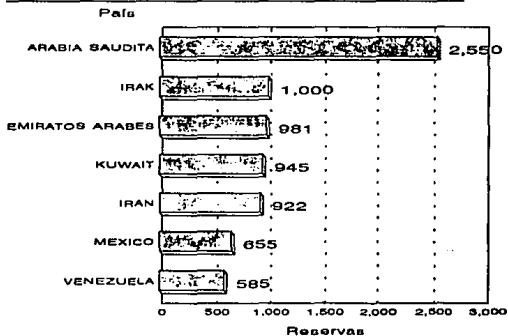
Producción Mundial de Petróleo



Miles de Barriles Días

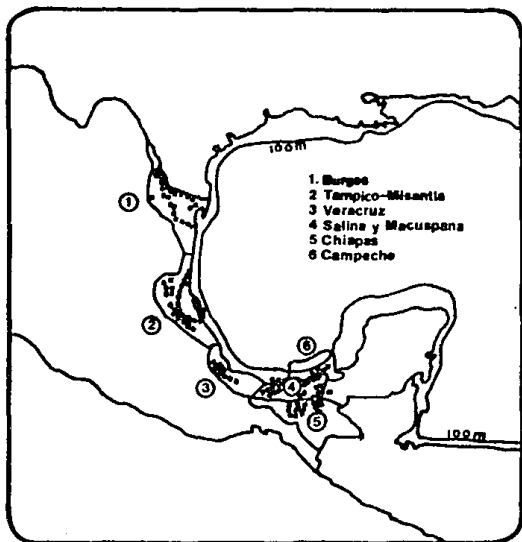
Fuente: Cuaderno de Información Oportuna. INEGI. Agos. 1994

Reservas petroleras mundiales



Mil millones de barriles

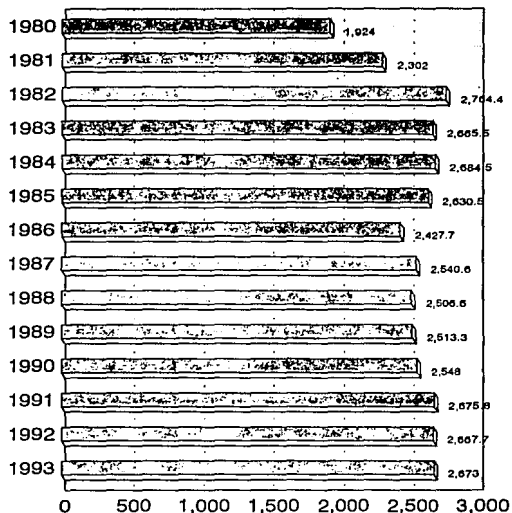
Fuente Petróleo Internacional (3) 1990



ANEXO 2 CUENCAS PRODUCTORAS DE PETRÓLEO

ANEXO 3

Producción de petróleo crudo.



Miles de barriles diarios
Fuente: Petróleo Internacional (3).1994

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Anexo 4.

Producción y ventas de Petróleo en 1993

	1993 ¹	1994 ²
Producción (B/D)		
Petróleo crudo	2.673,0	2.681,9
Gas natural (Mpcd)	3.576,0	3.624,2
Refinados y gas licuado	1.616,1	1.680,0
Petroquímicos (mt)	17.433,0	18.575,0
Exportaciones de crudo	1.337,5	1.332,0
Ventas internas (B/D)		
Refinados, gas licuado y natural	1.642,0	1.668,7
Combustóleo	380,3	402,2
Diesel	240,8	242,0
Gas licuado	245,6	251,7
Gasolinas automotrices	488,6	491,3
Turbosina	42,7	44,1

¹ Cifras reales

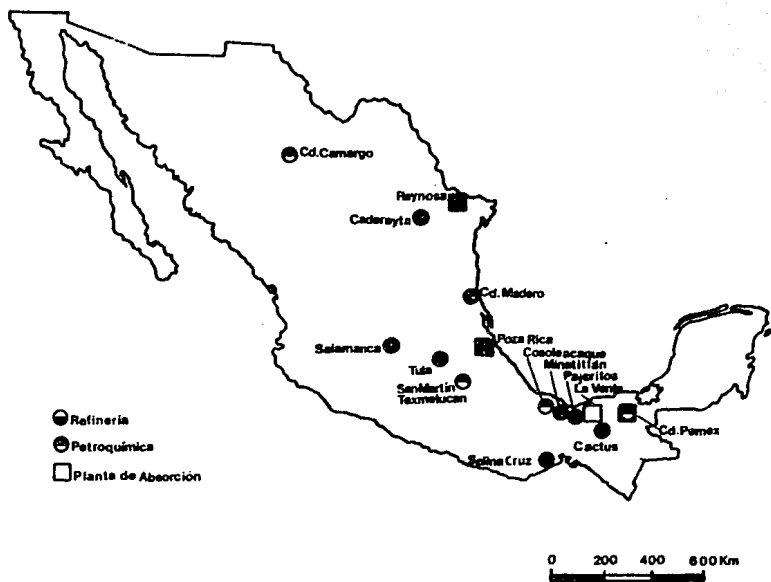
² Pronóstico oficial para 1994.

B/D = Barriles Diarios

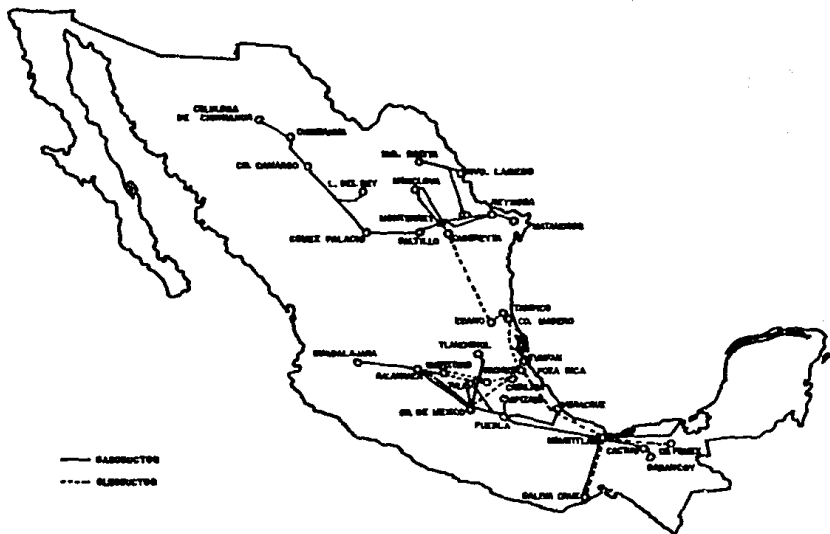
(Mpcd) = miles de pies cúbicos diarios.

(mt) = miles de toneladas, incluyendo azufre.

Fuente: Petróleo Internacional [3], 1994.

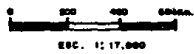


ANEXO 5 CENTROS DE REFINERIAS, PETROQUÍMICAS Y PLANTAS DE ABSORCIÓN



— GASODUCTOS
 - - - - - OLEODUCTOS

FUENTE: GRAN ATLAS UNIVERSAL Y DE MEXICO 1960



ANEXO 6 OLEODUCTOS Y GASODUCTOS

BIBLIOGRAFIA

- Angeles, L. "Reforma económica y petróleo" Petróleo Internacional Mayo-junio 1994. [3]. 6-15. Colombia.
- Azeez, Q. "Effectiveness of direct fired rotary dryers in cleanup of petroleum contaminate soils." Petroleum abstract. University of Toulsa, USA. Abst. 525, 768. 1991
- Correa, G. y Monje, R. "De lo que era la selva Lacandona sólo queda la tercera parte" Proceso [777]. 16-23. México. 1991
- De Filippi, F. y Markiewiez, J. "Propane solvent extraction for petroleum refinery RCRA (Resource Conservation and Recovery Act) wastes." Petroleum abstract. University of Toulsa, USA. Abst. 525, 765. 1991
- Elias M., R. L. Bioremediación de los suelos agrícolas, afectados por actividades de la industria petrolera. Memorias 1er Simposium Nacional de Agricultura Sustentable. Colegio de Potsgraduados. Chapingo, México. 1991
- Frutos, E. "Amiga Bacteria" Muy interesante. Año XI [11]. 36-47. México 1994.
- Gómez P., F. "La desesperación hace a PEMEX victima de los aventureros del comercio" Proceso [145]. 7-8. México. 1979
- Hernández R. "El petróleo espejismo que cambio gente y ecología para empobrecerlas" Proceso [325]. 20-22. México. 1983

Ladousse, A y Tramier, B. "Results of 12 years of research in spilled oil bioremediation: INIPOL EAP 22" Petroleum Abstrac. University of Toulsa, USA Abst. 519, 695. 1991

Lozano R., P. J. et. al. Efecto de la explotación petrolera sobre la agricultura en el municipio de paraíso Tabasco. Tesis profesional. U. A. Chapingo, México. 1982

Macias M., J. y Serrat V. C. Formas regionales de la influencia de la explotación petrolera en Tabasco. Centro de investigaciones y estudios superiores en antropología social. México. 1988

Morales, I. "Desprecia PEMEX los daños que causa su contaminación" Proceso [139] 12-15. México. 1979

Muñoz V., M. G. El impacto provocado por la contaminación del petróleo a nivel marino y terrestre. Tesis profesional. Facultad de Ciencias UNAM. México. 1991

Ortega P., F. "El azufre destruye el gasoducto que Díaz Serrano hizo para servir a Estados Unidos" Proceso [362] 10-13. México. 1983

PEMEX. El petróleo. [7] México. 1984

PEMEX-UNAM La industria petrolera ante la regulación jurídico/ecológica. México. 1992

Rez D., H. "Decontamination method and use of contaminant" Petroleum Abstract University of Toulsa, USA. Abst. 532, 076. 1992

Scamell, G. "Son las bacterias la mejor solución" Prevención del la contaminación. Junio de 1993. 52-54. México.

Secretaría de Desarrollo Social. Ley General del Equilibrio Ecológico. México 1993

Secretaría de la Presidencia de la República. Diario Oficial de la Federación. octubre 22, 1993; 3a. sección. México. 1993

Sheron M., S. Autry A. R. y Archer B. "Advanced in speed and performance of on-site bioremediation" Petroleum Abstract. University of Toulsa, U.S.A. Abst. 525, 748. 1991

Tabad H., H. Haines J. R. Venosa A.D. y Glaser J. A. "Enhacement of biodegradation of Alaskan walthered crude oil components by indegenuos microbiota with the use of fertilizer and nutrients" Petroleum abstract. University of Toulsa, U.S.A. Abst. 519, 694. 1991

Toogood, J. A. The reclamation of agricultural soil after oild spills. Departament of soil science the University of Alberta, Canada. U.S.A. Part I research. 1977