

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

“DETERMINACION Y CARACTERIZACION DE LAS POSIBLES FUENTES
DE CONTAMINACION AMBIENTAL EN LOS CAMPOS PETROLEROS
DE ALTA VERAPAZ, GUATEMALA,
Y SU EFECTO EN EL ECOSISTEMA NATURAL DE LA REGION”



Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por
PABLO ESTUARDO PALACIOS SANCHEZ

Al conferirsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Noviembre de 1984

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

D.L.
01
T(777)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Eduardo Meyer Maldonado

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. César Castañeda S.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Oscar R. Leiva R.
Vocal 2o.	Ing. Agr. Gustavo Méndez G.
Vocal 3o.	Ing. Agr. Rolando Lara A.
Vocal 4o.	Prof. Heber Arana Quiñónez
Vocal 5o.	Prof. Leonel Arturo Gómez
Secretario	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Dr. Antonio A. Sandoval
Examinador	Ing. Agr. Luis Reyes
Examinador	Ing. Agr. Heber Rodríguez
Examinador	Ing. Agr. Víctor Hugo Méndez
Secretario	Ing. Agr. Carlos R. Fernández

30 de octubre de 1984

Señor
Ing. Agr. César Castañeda Salguero
Decano de la
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala

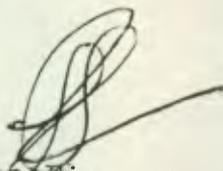
Señor Decano:

En base a la designación que me hiciera me permito informar a usted que, procedí a asesorar al universitario PABLO ESTUARDO PALACIOS SANCHEZ en la elaboración de la Tesis titulada "DETERMINACION Y CARACTERIZACION DE LAS POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACION AMBIENTAL EN LOS CAMPOS PETROLEROS DE ALTA VERAPAZ GUATEMALA Y SU EFECTO EN EL ECOSISTEMA NATURAL DE LA REGION" y después de haber revisado el contenido de dicha Tesis, me es grato comunicarle que, la misma llena los requerimientos que nuestra casa de estudios exige para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Quiero expresarle a la vez que, esta Tesis es pionera en el estudio sobre el efecto de los aeropoluantes e hidropoluantes en la vegetación de nuestro país; por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Msc. Lauriano Figueroa Q.
PROFESOR ADJUNTO I
Sub-Area Protección de Plantas.

LFQ/



NUM _____

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
DIRECCION GENERAL DE HIDROCARBUROS

GUATEMALA, C. A.

Guatemala,
24 de octubre 1984

Ingeniero Agrónomo
CESAR CASTAÑEDA
Decano Facultad Agronomía
Presente

Señor Decano:

Por medio de la presente, me es grato comunicarle, que asesore la tesis titulada: "DETERMINACION Y CARACTERIZACION DE LAS POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACION AMBIENTAL EN LOS CAMPOS PETROLEROS - DE ALTA VERAPAZ, GUATEMALA Y SU EFECTO EN EL ECOSISTEMA NATURAL DE LA REGION", elaborada por el estudiante Pablo E. Palacios , carnet No.38907.-

La tesis constituye un magnífico trabajo acerca de - un tema tan importante y de tan grande relevancia, al encontrarnos en - los albores del desarrollo petrolero de Guatemala.-

Considero que la tesis llena los requerimientos necesarios que se exigen para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, por lo que sugiero su aprobación.-

Atentamente,




Ing. César Jorge F. Silva
JEFE SECCION DE PERFORACION
DEPARTAMENTO DESARROLLO PETROLERO

:slv



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....
Asunto.....
.....

Guatemala,
31 de octubre de 1984

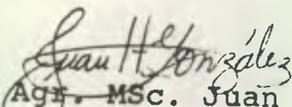
Ingeniero Agrónomo
César A. Castañeda Salguero
Decano de Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos

Ingeniero Castañeda:

Con base a la designación que me hiciera, me es grato informarle que procedí a asesorar al estudiante Pablo Estuardo Palacios Sánchez en la elaboración de la Tesis titulada "DETERMINACION Y CARACTERIZACION DE LAS POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACION AMBIENTAL EN LOS CAMPOS PETROLEROS DE ALTA VERAPAZ, GUATEMALA Y SU EFECTO EN EL ECOSISTEMA NATURAL DE LA REGION", y después de haber revisado el contenido, me es grato comunicarle que llena los requerimientos que nuestra casa de estudio exige para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. MSc. Juan H. González
A S E S O R

JHG/av

GUATEMALA
OCTUBRE DE 1984

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad a lo que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**“DETERMINACION Y CARACTERIZACION DE LAS POSIBLES FUENTES
DE CONTAMINACION AMBIENTAL EN LOS CAMPOS PETROLEROS DE
ALTA VERAPAZ, GUATEMALA,
Y SU EFECTO EN EL ECOSISTEMA NATURAL DE LA REGION”**

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Deferentemente

Br. Pablo Estuardo Palacios Sanchez

AGRADECIMIENTO

A mis asesores Ing Agr. Juan González, Ing. Agr. Lauriano Figueroa, e Ing Civil Jorge Francisco Silva Guillén, por su interés y dedicación en la asesoría y colaboración para la elaboración de esta tesis.

Al Departamento de Desarrollo Petrolero, de la Dirección General de Hidrocarburos, del Ministerio de Energía y Minas, por la valiosa colaboración prestada.

Al Ing Ind René Mena Klee, por su interés y comprensión.

A las autoridades de la Facultad de Agronomía y personal del Instituto de Investigaciones Agronómicas.

A mis compañeros de trabajo, por la colaboración prestada.

TESIS QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO

A MIS PADRES

Dr. Pablo Estuardo Palacios García
Dra. Ma. De La Luz Sánchez Catalán de Palacios

A MI ESPOSA

Thelma Olimpia Turcios de Palacios

A MIS HIJOS

Rodrigo
Paola
Anayte
Ixmucané
Stuardo

A MIS ABUELOS

José Gregorio Palacios J.
Olivia García de Palacios
María Victoria Catalán Vda. de Fuentes
Julio Catalán

A MIS HERMANOS

Alejandro
Francisco José
Ricardo y Mirian
Eduardo y Luz de María
Harry y María Victoria

A MI AMADA GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA

A MIS PROFESORES Y AMIGOS

**DETERMINACION Y CARACTERIZACION DE LAS POSIBLES FUENTES
DE CONTAMINACION AMBIENTAL EN LOS CAMPOS PETROLEROS DE
ALTA VERAPAZ, GUATEMALA, Y SU EFECTO EN EL ECOSISTEMA
NATURAL DE LA REGION**

CONTENIDO

	PAGINAS
INDICE DE GRAFICAS Y CUADROS	A
RESUMEN	C
I INTRODUCCION	1
II REVISION BIBLIOGRAFICA	3
III PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS	17
IV OBJETIVOS	17
V MATERIALES Y METODOS	18
A — DESCRIPCION DEL AREA	18
B — EFECTO DE LOS FLUIDOS CONTENIDOS EN LAS FOSAS DE LADOS DE LOS POZOS PETROLEROS	20
C — DETERMINACION DEL EFECTO DE AEROPOLUANTES	20
VI RESULTADOS Y DISCUSION	21
A — EFECTO DE LOS FLUIDOS CONTENIDOS EN LAS FOSAS DE LADOS DE LOS POZOS PETROLEROS	21
B — EFECTO QUE LOS AEROPOLUANTES PRESENTES EN LA AT- MOSFERA DEL CAMPO DE CHINAJA OESTE TIENEN SOBRE EL MAIZ Y ESPECIES ASOCIADAS	33
VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
VIII BIBLIOGRAFIA CITADA	41

INDICE DE GRAFICAS Y CUADROS

PAGINAS

Gráfica - 1:	Representación diagramática de la contaminación y repurificación de una fuente natural de agua	3
Gráfica - 2:	Reacciones fotoquímicas que se presentan en el "smog" fotoquímico	12
Gráfica - 3:	Localización del bloque I y campo de Chinajá Oeste	19
Gráfica - 4:	Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de <u>Tilapia sp.</u> en muestras de agua tomadas el 2-1-84	28
Gráfica - 5:	Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de <u>Tilapia sp.</u> en muestras de agua tomadas el 19-7-84	28
Gráfica - 6:	Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de <u>Pachychilus sp.</u> en muestras de agua tomadas en 19-7-84	29
Gráfica - 7:	Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de <u>Potomocarcinus guatemalensis.</u> en muestras de agua tomadas el 19-7-84	29
Gráfica - 8:	Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de <u>Tilapia sp.</u> en muestras de agua tomadas el 20-4-84	30
Gráfica - 9:	Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de <u>Pachychilus sp.</u> en muestras de agua tomadas el 20-4-84	30
Gráfica - 10:	Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de <u>Potomocarcinus guatemalensis.</u> en muestras de agua tomadas el 20-4-84	31
Gráfica - 11:	Area mínima afectada por la acción de los aeropoluantes	38
Cuadro - 1:	Límites máximos aceptables y tolerables para determinar la potabilidad del agua, de acuerdo a la Doctora Tabarini de Abreu	6
Cuadro - 2:	Indicadores químicos de contaminación	7
Cuadro - 3:	Fuentes potenciales de emisiones específicas de refinerías de petróleo	11
Cuadro - 4:	Resultados del análisis cuantitativo de los fluidos de la fosa de lodos de los pozos San Román II y Tierra Blanca I	21

Cuadro - 5:	Resultados del análisis cualitativo de los elementos contaminantes que presentan un nivel significativo encontrados en las fosas de lodos de los pozos San Román II y Tierra Blanca I	22
Cuadro - 6:	Mortandad y sobrevivencia de especies animales acuáticas en muestras de agua tomadas en la época de lluvia	23
Cuadro - 7:	Mortandad y sobrevivencia de especies animales acuáticas en muestras de agua tomadas en la época seca.	25
Cuadro - 8:	Tasas de Mortalidad observadas en las poblaciones bajo estudio . . .	27
Cuadro - 9:	Evaluación de la pérdida o ganancia de biomasa en especie vegetales, en muestras de agua tomadas en época seca y en época lluviosa	32
Cuadro - 10:	Análisis cromatográfico de los gases de Rubelsanto y Chinajá Oeste	34
Cuadro - 11:	Resultados obtenidos de las inspecciones realizadas hacia el Norte, Sur y Oeste del campo petrolero de Chinajá Oeste, sobre las plantaciones de Maíz	35

RESUMEN

Las operaciones de exploración y explotación petrolera en el Norte de Guatemala producen una serie de desechos industriales con características contaminantes, capaces de afectar a los cuerpos de agua dulce de la región así como provocar contaminación atmosférica. Los efectos tóxicos que estos desechos son capaces de ocasionar en la vida acuática y terrestre de la región han sido siempre tema de especulación entre las personas involucradas en la industria petrolera de Guatemala, por lo que surgió la inquietud de realizar un trabajo de investigación que determinara el efecto que estos desechos producen al ser evacuados hacia el ambiente

La investigación se centró sobre la evaluación del daño que son capaces de ocasionar los fluidos, contenidos dentro de la fosa de lodos de los pozos petroleros sobre la vida acuática de los ríos cercanos al desembocar la escorrentía proveniente de éstas, en época de invierno. Así también, se evaluó si la contaminación atmosférica presente en el campo petrolero de Chinajá Oeste, provocada por la emisión de gases producto de las operaciones de producción, es capaz de causar fitotoxicidad en las plantaciones aledañas al campo y especies silvestres asociadas.

La evaluación del efecto de los fluidos provenientes de las fosas de lodos sobre la vida acuática de los ríos, en los cuales desembocan, se determinó tomando muestras del agua del río San Román, en el lugar donde desemboca la escorrentía proveniente de la fosa de lodos del pozo San Román II y 100m. aguas arriba, tanto en época de verano como en época de invierno. En estas muestras se evaluó la sobrevivencia de especies animales y la pérdida o ganancia de biomasa en dos especies vegetales acuáticas.

La evaluación del efecto que la emisión de gases a la atmósfera por la Torre de quema del campo petrolero de Chinajá Oeste, es capaz de ocasionar sobre el cultivo del Maíz y especies asociadas, se determinó efectuando una recolección de muestras de plantas y evaluando los síntomas de fitotoxicidad. La recolección abarcó un área de 10 Km. de radio, a partir de la fuente de emisión de los aeropoluantes.

Por los resultados obtenidos en las evaluaciones efectuadas se constató el efecto tóxico de los fluidos provenientes de las fosas de lodos, ya que, tanto las especies acuáticas animales como vegetales, presentaron elevada mortalidad y pérdida de biomasa por pudrición según el caso, por lo que se infirió su efecto sobre todo el ecosistema del río.

También fué posible, por los resultados obtenidos durante la recolección de muestras e inspecciones realizadas, constatar la fitotoxicidad que el nivel de contaminación atmosférica existente en el campo petrolero, es capaz de provocar al encontrar daños en las especies cultivadas y silvestres expuestas, en un área de radio menor de 10 Km. de la fuente de emisión.

INTRODUCCION

Con el objetivo de descubrir la existencia de yacimientos petroleros en nuestro país, se iniciaron las exploraciones de geología y de geofísica por compañías tales como: OHIO, SHENANDOAH, ELF AQUITAINE, GETTY, TEXACO, HISPAN-OIL, etc

Se detectó que existían las condiciones adecuadas como la presencia de: rocas sedimentarias con posibilidad de albergar petróleo o gas, estructuras y manifestaciones tectónicas como anticlinales, fallas y trampas estratigráficas

Después de todos los estudios de campo y de gabinete se concluyó que la única forma de verificar la existencia o no de hidrocarburos (petróleo o gas) en el subsuelo era perforando. Iniciándose de esta manera la perforación petrolera, utilizando equipo especial, y un sinnúmero de productos químicos entre los que se pueden mencionar combustibles, lubricantes, aditivos a utilizar en los lodos de perforación

La etapa de exploración ha producido una serie de desechos industriales, con características contaminantes, existiendo el riesgo que debido a una mala disposición de estos se vea alterado el suelo y las napas de agua. Es aquí donde se detecta el problema y donde el punto de vista ecológico debe de ser aplicado. Tomando en cuenta que en la zona de exploración petrolera existen precipitaciones pluviales altas, gran parte de "estos desechos", pueden rebalsar de las fosas donde son depositados, por arrastre del agua de lluvia y entrar en contacto con el suelo alterándose sus características físicas y químicas, debido al contenido de sales, óxidos, hidrocarburos, productos con características tóxicas y esterilizantes

Al finalizar la etapa de perforación en forma exitosa se inicia la fase de explotación. Estando el pozo en producción el petróleo se pasa por los separadores, equipo dentro del cual por medio de diferencia de densidades, se separa el agua y el gas del petróleo. El "agua separada" es inyectada al subsuelo por medio de pozos inyectoros, pero también suele ser evacuada al ambiente en donde por sus características químicas como son la alta concentración de sales de Ca, Na, Mg, contenido de gases y otros, se comporta como un agente contaminante

Los gases separados, entre los cuales se encuentran ácido sulfhídrico, propano, butano, y otros, son quemados y como producto de la combustión se produce dióxido de azufre (SO_2), óxidos de carbono (CO_2, CO), vapores de hidrocarburos livianos, óxidos de nitrógeno, mercaptanos, aldehidos, mercurio, arsénico, cadmio y otros, produciendo contaminación atmosférica. Los daños provocados en la flora y cultivos de regiones afectadas por esta forma de contaminación, según experiencias de otros países productores de hidrocarburos e industrializados, van desde síntomas muy visibles como el "amarillamiento intervenal" a "necrosis de las hojas", senescencia prematura y caída de las hojas. También se han observado alteraciones fisiológicas como: el retardo en el crecimiento y en la época de reproducción, además de la existencia de algunos elementos contaminantes que pueden sufrir magnificación en la cadena alimenticia y provocar daños en la fauna e incluso en la salud del hombre.

Un ejemplo claro de la existencia de estos problemas es el informe ecológico de la "Tribuna Alemana" de fecha 26 de enero de 1983 el cual textualmente dice: "Los países industrializados le han supuesto a la atmósfera un poder de autopurificación que nunca tuvo, sobrecargando la capacidad de acompañamiento de la biósfera. Pero en lugar de poner inmediatamente manos a la obra para neutralizar tan amenazadora situación los políticos y no sólo los de la República Federal, echan mano del conocido repertorio; como primera medida se niega categóricamente que exista tal problema, entonces cuando no pueden negarlo, se dan largas al asunto remitiéndose a la insuficiencia de datos concretos y a la imposibilidad de armonizar las acciones a nivel internacional".

Por todos los daños y problemas provocados por los agentes contaminantes y en nuestro caso los provenientes de la industria petrolera, se hace necesario la realización de un trabajo de investigación que permita la determinación de las principales fuentes contaminantes y los daños provocados, y luego con los resultados obtenidos presentar un informe científico e inducir a las personas directamente involucradas en las operaciones petroleras (exploración y explotación) para que colaboren en la observación de todas las prácticas recomendadas para lograr minimizar el derrame y la liberación de residuos contaminantes al medio ambiente, ya que los daños que se provocan son a veces irreparables afectando la existencia de recursos actualmente no explotados, preservándolos para las generaciones venideras.

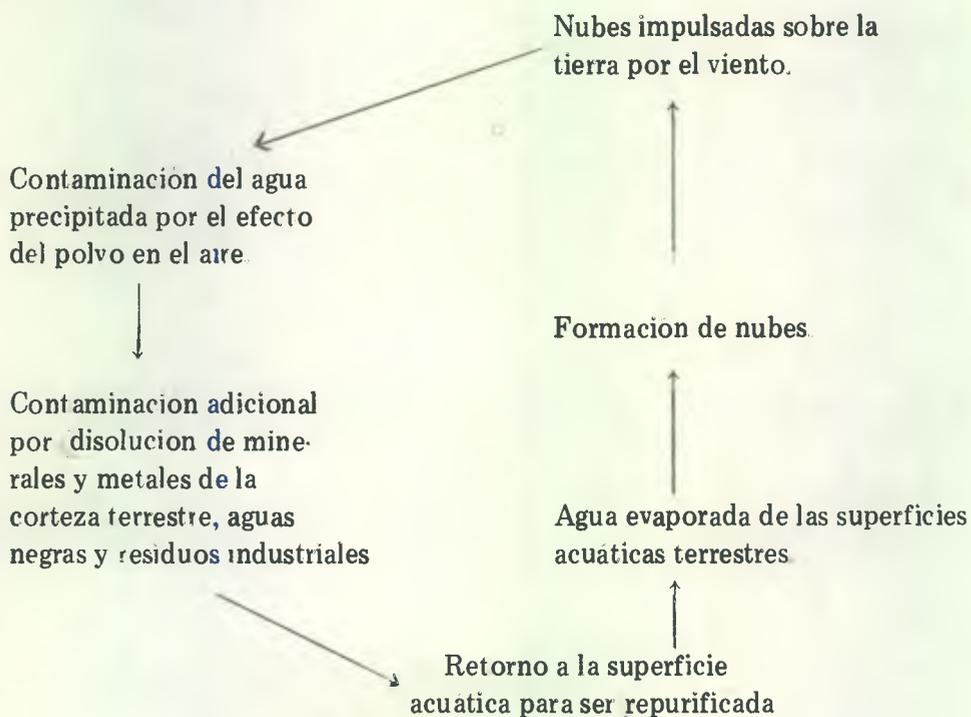
II REVISION BIBLIOGRAFICA

A CONTAMINACION DEL AGUA

El agua es un liquido insipido, incoloro e inodoro. Debido a que es un solvente casi universal y en el que prácticamente todas las sustancias son solubles en cierto grado; el agua es contaminada frecuentemente por las sustancias con las que entra en contacto.

Segun Sheppard T. P (10) "La mayor fuente de agua está constituida por los océanos y eventualmente todas las aguas regresan a estos depósitos, y el ciclo que el agua sigue es similar al de un gigantesco aparato de destilación. A causa del calor solar, el vapor de agua asciende de las superficies de depósitos de agua terrestres, formando nubes cargadas de humedad, las cuales se condensan al ponerse en contacto con las corrientes de aire frío y producen lluvia o nieve". Afirma este autor que la contaminación del agua ocurre desde el momento que el agua liquida alcanza el estado de vapor hasta que por ultimo es descargada nuevamente al océano (grafica — 1). La naturaleza de la contaminación depende de las características del territorio sobre el cual se forman las nubes, así como del lugar en que precipita la lluvia o nieve.

El agua de lluvia recogida en distritos rurales remotos de las costas o lejanas de centros industriales contienen sólo una cantidad mínima de sales, gases ácidos o partículas de polvo. La cantidad de estas sustancias en el agua de lluvia recogida en las cercanías de ciudades es a menudo relativamente grande.



Grafica — 1 Representación diagramática de la contaminación y repurificación de una fuente natural de agua (Tomada de acondicionamiento de aguas para la industria, de Sheppard T. Powell) (10)

T. Powel expone que el agua se considera contaminada cuando se altera su composición química, sus propiedades físicas como la transparencia y el color y/o sus condiciones biológicas, de tal modo que resulta menos o nada apta para las funciones que tendría que cumplir en su estado natural (consumo humano, riego, industria, recreación, pesca, etc.).

1. EFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AGUA

Turk, Turk, Wittes y Wittes (12) definen a la contaminación del agua como: "La adición a la misma de material indeseable que deteriora su calidad". Los mismos autores definen calidad del agua así: "La aptitud de ésta para usos benéficos o a la que se ha venido utilizando o dedicando en el pasado, ya sea para riego de la tierra, para bebida del hombre y los animales, para soporte de una vida marina sana y para recreación". Por lo mencionado anteriormente se puede inferir que toda substancia o elemento que altera la calidad del agua se considera un contaminante y el efecto que éste pueda causar dependerá de su naturaleza, (degradabilidad, solubilidad y sedimentación). El material contaminante podrá ser, materia inerte como compuestos de mercurio, cromo, plomo o materia orgánica proveniente de los organismos vivos. Los efectos que estas substancias pueden provocar en los cuerpos de agua de acuerdo a Irias J. M. (6) y Albizures Palma (1) son los siguientes:

- a — Deterioran la calidad de las aguas, y por lo tanto su habilidad a ser utilizadas para riego, bebida, piscicultura, fauna y vida silvestre, etc.
- b — Dependiendo de su naturaleza, aceleran los pasos de sucesión ecológica (Eutroficación).
- c — Afectan los valores de la demanda de oxígeno químico o biológico (D.Q.O. y D. B. O.), lo que conduce a que en ciertas zonas prevalezcan condiciones anaeróbicas en las cuales la vida se vé restringida y su composición poblacional variá.

2. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES SOBRE LAS POBLACIONES ACUATICAS

Estudios de la FAO (6) realizados en 1972 determinaron que los contaminantes pueden afectar a las poblaciones acuaticas por las siguientes situaciones:

- a — Concentraciones sub-letales pueden interferir con los patrones de migración de los organismos.
- b — Interferencia con los quimiorreceptores de los organismos, pudiendo afectar sus patrones de comportamiento, esenciales para la sobrevivencia de las poblaciones.
- c — Largos periodos de exposición a varios niveles de concentración de los contaminantes, pueden crear en los organismos una gran susceptibilidad a enfermedades.
- d — Los huevos y formas larvarias de muchas especies son más sensibles a la contaminación que las formas adultas, y por lo tanto, el esfuerzo adicional en su desarrollo puede ocasionar un debilitamiento en muchos de los individuos sobrevivientes, y por ende, en el mantenimiento de las poblaciones o las especies.
- e — Interferencia con varios procesos fisiológicos, sin causar la muerte de los individuos, puede ocasionar efectos negativos en la conservación de las poblaciones de especies.
- f — Los contaminantes pueden interferir con la nutrición de ciertos organismos al afectar su habilidad para encontrar su presa o alimento, al provocar efectos adversos en la digestión y asimilación de su comida o por qué los alimentos o especies de presa no son aceptados por sus consumidores y depredadores respectivamente.
- g — Muchos contaminantes pueden producir alteraciones genéticas con graves rangos de significancia en la conservación de las poblaciones y especies.

3. SUBSTANCIAS QUE INFLUYEN EN LA POTABILIDAD DEL AGUA

La Doctora Tabarini de Abreu (4) considera, que, para la evaluación de la potabilidad del agua, hay que tener en cuenta criterios que a continuación se exponen. Debido

a las grandes variaciones de la composición química del agua en los distintos lugares no se pueden establecer normas rígidas de calidad química. Los límites que se denominan "aceptables" se aplican al agua que en general puede admitir el consumidor; los valores superiores a los que se designan como "tolerables" afectan claramente a la potabilidad del agua, estos valores se presentan en el cuadro - 1.

CUADRO - 1:

Límites máximos aceptables y tolerables para determinar la potabilidad del agua, de acuerdo a la Doctora Tabarini de Abreu (4)

Substancia	Concentración máxima aceptable	Concentración máxima tolerable
pH	7.0 a 8.5	6.5 a 9.2
Sólidos totales	500.0 mg/1	1500.0 mg/1
Hierro (Fe ⁺⁺⁺)	0.3 mg/1	1.0 mg/1
Manganeso (Mn ⁺⁺)	0.1 mg/1	0.5 mg/1
Cobre (Cu ⁺⁺)	1.0 mg/1	1.5 mg/1
Cinc (Zn ⁺⁺)	5.0 mg/1	15.0 mg/1
Calcio (Ca ⁺⁺)	75.0 mg/1	200.0 mg/1
Magnesio (Mg ⁺⁺)	50.0 mg/1	150.0 mg/1
Sulfato de carbón con cloroformo (ECC.)	0.2 mg/1	0.5 mg/1
contaminantes orgánicos	—	—
Sulfatos de Alquibencilo (SAB. Substancias tencioactivas).	0.5 mg/1	1.0 mg/1

4 INDICADORES QUIMICOS DE CONTAMINACION

A continuación se presenta el cuadro - 2, el cual resume los distintos indicadores químicos de contaminación, de acuerdo a la Doctora Tabarini de Abreu (4).

CUADRO 2:

Indicadores químicos de contaminación

Indicador	Límite Mínimo de Concentración
Demanda química de Oxígeno (D.Q.O.)	10.0 mg/1
Demanda bioquímica de Oxígeno (D. B. O.)	6.0 mg/1
Nitrógeno total, excluido el NO ₃	1.0 mg/1
Amoniaco	0.5 mg/1
Grasa	1.0 mg/1

5. NORMAS DE CALIDAD Y FACTORES PARA EL AGUA DE RIEGO

De acuerdo a la Doctora Tabarini de Abreu (4), muchos esfuerzos se han desarrollado para la clasificación de las aguas de irrigación, tomando en cuenta el cultivo y clases de suelo.

a. Los Factores que Influyen en la Calidad del Agua para Riego según la Doctora Tabarini de Abreu (4) son:

- (1) Contenido total de sales.
- (2) Concentración de cloruros.
- (3) Factores como el RAS.
- (4) Contenido de bicarbonatos.
- (5) Concentraciones de boro.
- (6) Características del suelo.

b. Las Condiciones que Afectan la Calidad del Agua según la Doctora Tabarini de Abreu (4) son:

- (1) Tolerancia de sales en las cosechas.
- (2) Permeabilidad e infiltración del suelo.
- (3) Drenaje.

c. Conceptos en Relación a los Factores según la Doctora Tabarini de Abreu (4).

- (1) Concentraciones de cloruros:

Su tolerancia variará con las especies cultivadas, ejemplo:

Especie Cultivada	Limite de Tolerancia
Cítricos	50 mg/1
Aguacate	16 - 10 mg/1
Uva	20 - 50 mg/1
Fresa	10 - 16 mg/1

- (2) Sodio:

El contenido de elementos alcalinos (sodio y potasio) con relación a los alcalinotérricos (Calcio y Magnesio), es de importancia considerable en las aguas que se utilizan para la agricultura, por cuanto influye en el mantenimiento de permeabilidad en los suelos de riego. El sodio es requerido en cantidades muy limitadas para el desarrollo de las plantas, salvo algunas excepciones (plantas desérticas).

El sodio en altas concentraciones no solamente es tóxico a las plantas sino que deteriora las condiciones del suelo, siendo el carbonato y el bicarbonato de sodio los más tóxicos. Altas concentraciones de sodio (106-112 mg/1) en agua utilizada para la irrigación, pueden bajo ciertas condiciones y sobre algunas plantas ocasionar acumulaciones nocivas en el follaje.

(3) Boro:

Este elemento es esencial para el crecimiento de las plantas en concentraciones cercanas a 0.5 mg/1, y resulta tóxico cuando excede de 1 a 4 mg/1 dependiendo de la tolerancia de las especies cultivadas y sus variedades.

B. CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA

De acuerdo a Lamas j. M y Fernández (8) "Parte de la contaminación del aire es de origen natural, tal como las emisiones de gases sulfurosos y partículas de ceniza de los volcanes. Las fuentes de contaminación de este tipo establecen un nivel de polución que prevalece tanto en las áreas urbanas como rurales de una nación o región; sin embargo, en las comunidades donde habita un gran número de personas, se adicionan fuentes locales de contaminación producidas por el hombre que causan concentración urbana de gases y partículas contaminantes muy por encima del - nivel natural de polución.

La fuente principal de la polución ocasionada por el hombre es la combustión, al quemar substancias carbonáceas para proveer calor, para cocinar, para calentar el ambiente, en procesos industriales, en la generación de vapor y en la propulsión de vehículos en adición quemamos algunos materiales carbonáceos para destruirlos, de tal manera quemamos basura de tipo doméstico, comercial, industrial y de origen agrícola.

Generalmente son considerados inócuos los productos de una combustión completa, tales como el dióxido de carbono y el vapor de agua. Los que son considerados como contaminantes son los productos de la combustión incompleta, tales como el monóxido de carbono, los hidrocarburos, el humo, los óxidos gaseosos, sólidos gaseosos, sólidos y pequeñas partículas de materia no carbonácea, residuos de las substancias quemadas, y los óxidos de azufre en los combustibles y derivados del petróleo. La alta temperatura de combustión convierte parte del nitrógeno y del oxígeno de la atmósfera en forma de óxidos de nitrógeno. Finalmente, los combustibles gaseosos y líquidos aumentan las fases de vapor y de gas que son liberados a la atmósfera durante su producción, refinamiento, transporte y distribución, que preceden a su combustión final, los combustibles sólidos dan lugar a la liberación de partículas durante los procesos de extracción, preparación y transporte, o distribución".

1. FUENTES CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA

Según Irías, J. M. y Mcpetherson, (6) la fuente más común y extendida de la contaminación atmosférica, es el consumo de combustibles para calefacción, producción de energía y transporte. Las fuentes industriales son más limitadas en cuanto al número de contami-

nantes y el area que afectan, no obstante, en ciertas areas las operaciones industriales superan al consumo de combustibles como fuente de contaminación del aire y los efectos de éstas dependen de factores tales como: la topografía del terreno, condiciones climáticas y meteorológicas, altura de chimeneas, equipos de control, materia utilizada y tipo de proceso.

Entre los contaminantes mas ampliamente extendidos, segun los autores anteriormente mencionados figuran; polvo sedimentable, solidos en suspensión, anhídrico sulfuroso, monóxido de carbono, hidrocarburos, amoníaco, ácido sulfhídrico, materiales radiactivos, cenizas, plomo, mercurio y los biócidias.

El papel que juegan las operaciones petroleras, desde la exploración hasta la distribución del petróleo y derivados, en la contaminación atmosférica, es relativamente pequeña comparada con la industria y el transporte, pero no debe despreciarse, ya que contribuye con cantidades regulares de contaminantes, tales como hidrocarburos saturados y livianos ácido sulfhídrico, óxidos de azufre y nitrógeno, materia particulada y otros. Para formar una idea clara de los agentes contaminantes producidos por la industria petrolera, se describirán a continuación, los agentes contaminantes y las fuentes potenciales de la emisión de estos por una refinería de acuerdo a Lamas y Fernandez (8): "La estimación y evaluación de las emisiones atmosféricas de las refinerías es un proyecto inmensamente complicado. Las refinerías varían entre sí, en cuanto al tipo y la cantidad de sus emisiones. Los factores de control incluyen la capacidad de crudo, el tipo de crudo que se procesa, el tipo y la complejidad del procesado que se emplea, las medidas de control de la contaminación atmosférica y el grado de economía y mantenimiento a que se somete.

Las emisiones de una refinería pueden clasificarse en humos, partículas, hidrocarburos y componentes gaseosos, principalmente anhídrico sulfuroso y óxido de nitrógeno, así como vapores mal olientes; sin embargo, mientras los aspectos cuantitativos de la emisión de una refinería están dados por el equilibrio utilizado a lo largo del proceso, nos encontramos con una serie de pérdidas de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, amoníaco y anhídrico sulfuroso, pudiendo ser disminuidas tales emisiones mediante el uso de quemadores especiales. Los sistemas catalizadores colgados pueden ser también una fuente de descarga de polvo de catalizador, pero un equipo convencional de separación mecánico o eléctrico es suficiente para evitar estas pérdidas.

Los procesos de reagrupación molecular, (alquilación, polimerización), son importantes, pues se trabaja con hidrocarburos volátiles, y un equipo hermético, por ejemplo válvulas y bombas, adquiere en el control de emisiones una mayor importancia que cuando se trata del procesado de los aceites pesados

Los aspectos contaminantes de las operaciones de procesado se fijan sobre los métodos de tratamiento de los productos químicos residuales y de las impurezas que se extraen. A este respecto podemos citar los residuos ácidos, los residuos caústicos y el sulfuro de hidrógeno. La agitación con aire, la ventilación, los drenajes, las válvulas y los cierres de las bombas son posibles fuentes de pérdidas de óxidos de azufre e hidrocarburos en cualquiera de los procesos. "Los mismos autores presentan un cuadro, de la estimación en conjunto de todas las emisiones de una refinería y sus fuentes".

CUADRO 3

Fuentes potenciales de emisiones específicas de refinarias de petróleo

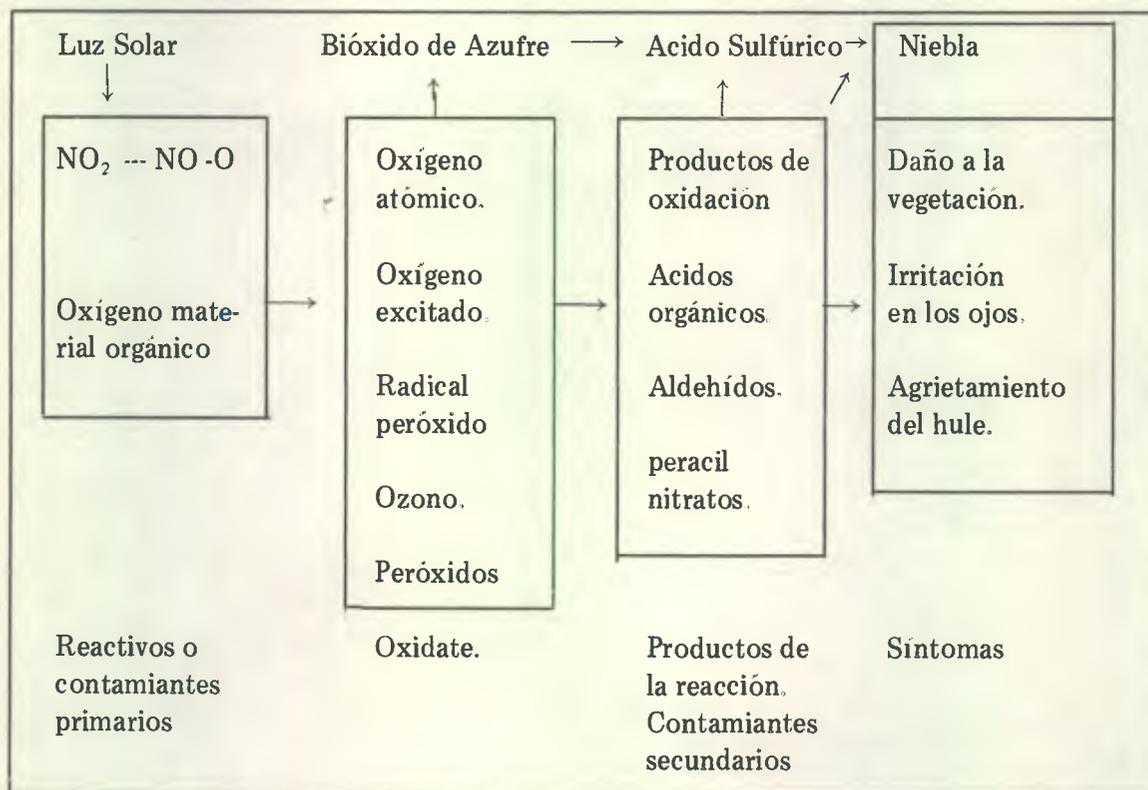
EMISION	FUENTES POTENCIALES
Oxidos de azufre:	Calderas, calefactores de proceso, regeneradores de la unidad de "cracking" catalítico, unidades de tratamiento, antorchas de ácido sulfhídrico, operaciones de decoquificado
Hidrocarburos:	Mecanismos de carga, áreas de viraga, muestreo de tanques de almacenamiento, separadores de aguas residuales, sistemas de purga, regeneradores catalíticos, bombas valvulas, torres de refrigeración, inyectores de vacío, condensadores barométricos, soplador de aire, equipo de alta presión que manejan hidrocarburos volátiles, calefactores de proceso, caldera, compresores
Oxidos de nitrógeno:	Calefactores de proceso, calderas, compresores, regeneradores catalíticos, antorchas.
Partículas:	Regeneradores catalíticos, calderas, calefactores de proceso, operaciones de decoquificado, incineradores.
Aldehidos	Regeneradores catalíticos
Amoniaco:	Regeneradores catalíticos
Olores:	Unidades de procesado (soplador de aire, soplador de vapor), drenajes, respiraderos de tanques, sumideros de los condensadores barométricos, separadores de aguas residuales.
Monóxido de carbono:	Regeneración de catalizadores, decoquificado, compresores, incineradores

Fuente: Impacto ambiental de una refinaria de petróleo Lamas J. M. y Fernández (8).

2. TIPOS DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

Según Sutton y Harmon (11) Basicamente hay dos tipos de contaminación del aire: el "smog de Londres" y el "smog Fotoquímico". El smog de Londres (humo y niebla), contiene compuestos de azufre, del tipo de dióxido de azufre y el ácido sulfúrico. El smog fotoquímico que se le podría llamar "el smog de los Angeles", ya que en esta ciudad fue donde se registró la primera reacción de este tipo, realmente no es una combinación de humo y niebla, la causa de la contaminación del aire no son los contaminantes primarios, (monóxido de carbono, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno o los hidrocarburos semiquemados), sino los productos que se forman cuando estos compuestos reaccionan fotoquímicamente. La radiación ultravioleta procedente del sol induce la reacción entre los contaminantes primarios, lo que origina contaminantes secundarios y aún terciarios.

A continuación se muestra la progresión correspondiente cuando ciertos hidrocarburos se exponen a la luz solar, en presencia de óxido nítrico (NO) y del bióxido de nitrógeno (NO₂) con la ocurrencia de una serie de reacciones y los productos finales corresponden principalmente al ozono, a los aldehídos y compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, como los nitratos de peroxiacilo (PAN), que pueden producir efectos fisiológicos severos, tanto en los animales como en las plantas (11)



Gráfica 2: Reacciones fotoquímicas que se presentan en el smog fotoquímico. (Tomada de Sutton y Harmón (11).

3 CLASIFICACION DE LOS CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA

Los contaminantes atmosféricos se pueden clasificar de acuerdo a Irías, J. M. y Mcpetherson (6) en dos categorías:

a Contaminantes Primarios

Son todos los emitidos directamente a la atmósfera, entre los que se encuentran: sólidos gruesos (diámetro mayor de 100 micras); sólidos finos (diámetro menor de 100 micras); partículas líquidas; vapores; gases de azufre; nitrógeno; carbono; compuestos orgánicos; compuestos radiactivos y otros

b Contaminantes Secundarios

Son los que se forman en la atmósfera a partir de los contaminantes primarios, al reaccionar entre sí o entre ellos y algunos componentes naturales de la atmósfera, principalmente oxígeno y agua. Como ejemplo de estos contaminantes se pueden citar: el ozono (O_3); peroxiacetilnitrato (PAN); ácido sulfúrico (H_2SO_4); sulfatos (SO_4); etc.

4 EFECTOS DE UNA ATMOSFERA CONTAMINADA

Entre los efectos más notables asociados a una atmósfera contaminada según Irías J. M. y Mcpetherson (6) son: Reducción de la visibilidad, reducción de la radiación sobre la superficie terrestre, daños en edificios y maquinaria por corrosión, daños en la flora y fauna, daños a la salud del hombre y predisposición a enfermedades.

Respecto a los daños en la salud del hombre, Freeman S. D. (3) informa lo siguiente: "Los medios especialistas han correlacionado la contaminación atmosférica con la bronquitis, el emfisema, asma, y el cáncer del pulmón". No hay que sorprenderse de que contaminantes capaces de erosionar las piedras, corroer los metales y disolver el nylon puedan dañar el delicado tejido pulmonar. Aunque no se conocen del todo los efectos a largo plazo de la contaminación atmosférica sobre las personas actualmente sanas, hay motivos de inquietud. Sabemos que son especialmente vulnerables las personas de edad, y las que sufren enfermedades pulmonares y del corazón. Las muertes provocadas por los episodios de contaminación que tuvieron lugar en Donora Pennsylvania (20 en 1948), Londres (1,600 en 1952), y en la ciudad de Nueva York (165 en 1966), demostraron que aquella puede ser verdaderamente mortal. En su relación con la mortalidad, Lave y Seckin (3) encontraron que: "Una baja del 50% en el nivel de contaminación reduce en un 4.5% la tasa de mortalidad"

La intensidad de dichos efectos nocivos depende de la calidad y cantidad de los contaminantes presentes, pero esto a su vez depende de otros factores como condiciones climáticas y meteorológicas, cantidad y calidad de los emisores de contaminantes secundarios, medidas de control de la contaminación, población y otras características del área contaminada.

5 EFECTO DE LOS AGENTES CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA EN LA VEGETACION Y MEDIO AMBIENTE

a Dióxido de Carbono:

El dióxido de carbono es un componente natural de la atmósfera, un subproducto de la combustión de hidrocarburos y sus derivados, como también de la combustión de residuos orgánicos, pero en la actualidad debido al enorme desarrollo del transporte, industria y las operaciones petroleras, se liberan diariamente enormes cantidades de este gas creando una mayor concentración que la natural. En relación al aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera y posibles cambios en la temperatura de nuestro planeta; actualmente existen dos teorías de acuerdo a Sutton y Harmon (11).

(1) Al quemarse los combustibles fósiles el contenido de CO_2 aumenta en la atmósfera y se forma una cubierta que retiene las ondas caloríficas reflejadas por la tierra, que le llama efecto de invernadero, se reduce la intensidad de la radiación solar en la superficie del suelo, se eleva la electricidad atmosférica, aumenta la nubosidad y la niebla por lo que se produce un posible aumento de la temperatura promedio de la tierra.

(2) El CO_2 adicionado a la atmósfera por las actividades humanas aumenta el efecto de invernadero, aumentando la temperatura media de la tierra. En 1940 se estimó que la temperatura media se había elevado 0.35°C (0.63°F). A partir de esa fecha la temperatura comenzó a declinar a pesar de que la concentración de CO_2 continuaba elevándose, explicándose este fenómeno de la siguiente forma: al tornarse más densa la atmósfera por el efecto del CO_2 y otros contaminantes, el efecto es contrario al anterior, porque se da la reflexión hacia el espacio de las ondas provenientes del sol con lo que se ha iniciado el proceso de descenso gradual de la temperatura media de la tierra.

b Partículas Solidas:

Según Irias, J. M. Mcpetherson (6), estas partículas suspendidas en el aire influyen en las posibles variaciones de temperatura, pero su papel más importante es el de servir como núcleos de condensación o de congelación contribuyendo a la formación de nubes e influyendo sobre determinados fenómenos climáticos, actuando también como superficies catalizadoras de reacciones químicas produciendo contaminantes secundarios tóxicos a mayor velocidad.

c. Ozono:

Segun Sagar V Krupa (7): "Los problemas causados por el Ozono se comenzaron a estudiar en los Estados Unidos de Norte América en los años de 1940 a 1950 cuando se observó el daño provocado en la vegetacion del área urbana de Los Angeles, su impacto sobre la agricultura y foresta no se hicieron aparentes hasta 1958 cuando Richard et al demostró que el Ozono es la causa del picado de la grama. En 1959 Hegestand y Middleton probaron que el Ozono en la atmósfera es la causa de la mancha del tabaco. El efecto del Ozono en las plantas puede catalogarse como visibles y sutiles o poco visibles. Los efectos visibles pueden llevar a un daño agudo o crónico. Los daños agudos en general son causados por altas concentraciones del Ozono por algunas horas. Por otro lado, los daños crónicos son usualmente esperados a bajas concentraciones por varios días o semanas con alzas intermitentes". Los sintomas de los daños agudos por Ozono en las plantas de hoja ancha consisten generalmente en picaduras o manchas sobre las superficies de las hojas. En las coníferas los daños agudos consisten en necrosis que comienza en la punta y termina al final de la hoja. Los efectos crónicos producidos por el Ozono en general son amarillamiento, prematuro o envejecimiento y caída de los folios tanto en las plantas de hoja ancha como coníferas. Contrariamente a los efectos agudos y crónicos los efectos sutiles causados por el Ozono en plantas ocurren fuera de cualquier sintoma visible y son evaluados como reducción en el crecimiento o la reproducción.

A continuación se mencionan algunas plantas que según Sagar V. Krupa se consideran muy sensibles al Ozono.

Rabano, (*Raphanus sativus*); Alfalfa, (*Medicago sativa*); Frijol, (*Phaseolus vulgaris*); Avena, (*Avena sativa*); Maiz, (*Zea mays*); Papa, (*Solanum tuberosum*); Tabaco (*Nicotiana tabacum*); Trigo, (*Triticum sativum*).

D. Dióxido de azufre

Segun Sagar V. Krupa (7) el dióxido de azufre es uno de los contaminantes mas extensamente estudiados en su efecto sobre las plantas, este mismo autor menciona que de acuerdo a Robinson y Robbien las fuentes emisoras de SO₂ son:

- (1) Refinerias de petróleo: 4%
- (2) Fundicion de minerales: 10%
- (3) Combustion de derivados del petróleo: 16%
- (4) Combustion del carbon: 70%

El mismo autor menciona que el azufre es un elemento necesario en las plantas para completar su nutrición, pero se pensaba que las plantas satisfacían sus requerimientos de azufre solamente absorbiéndolo por el suelo. De cualquier forma está bien demostrado por Romfiel y Freud, citados por Krupa que el azufre atmosférico puede jugar un mayor rol en la satisfacción de los requerimientos de azufre por las plantas. El SO_2 atmosférico entra en la hoja continuamente por los estómas, una vez dentro el SO_2 es transformado en sulfito o sulfato. De acuerdo a Thomas et al (7) el sulfito o sulfato son tóxicos a las plantas, y el ión sulfito es 30 veces más tóxico que el sulfato. Sagar V. Krupa (7) clasifica los efectos del SO_2 en las plantas en dos grandes categorías: efectos visibles y efectos sutiles (poco visibles).

- a— Efectos Visibles: Estos son producidos en el follaje por la alteración de la pigmentación celular o por el cambio de las características paternas foliares y la decoloración es el resultado de la muerte de las células.
- b— Efectos Sutiles: Estos no son realmente identificables y pueden usualmente reconocerse por monitores del desarrollo, por la productividad y la selección de parámetros fisiológicos.

Además menciona que los efectos visibles se pueden dividir en daños agudos y en daños crónicos, y que aunque el mecanismo por el cual la vegetación es dañada por el SO_2 no está completamente entendido, la tasa de acumulación del sulfito parece ser importante. Daños agudos por SO_2 parecen ser característicos de la exposición a altas concentraciones en períodos cortos de tiempo. En el instante en que hay una rápida acumulación del ión sulfito sobre las plantas se habilita la conversión a la forma sulfato. Los daños agudos en el ancho de la hoja de la planta son característicos por la presencia de áreas necróticas localizadas entre las venas; las áreas de tejido muerto son usualmente de color marfil al inicio, pero con el tiempo se tornan café o café rojizo y luego negras. En las coníferas los daños agudos por SO_2 aparecen usualmente en la punta de las hojas (agujas) y subsecuentemente se extienden a toda la base. Los daños tenues aparecen de un color café rojizo. Los daños crónicos se desarrollan por largo tiempo de exposición, varios días o semanas a bajas concentraciones con intermitentes subidas. En este caso, la tasa de acumulación del sulfito es lenta y no excede la habilidad de las plantas de oxidar a sulfato, el daño no es visible hasta que haya suficiente sulfato acumulado que produzca el efecto, los daños crónicos son característicos por blanqueo de la clorofila, resultando en clorosis o amarillamiento de la hoja más allá de las células muertas.

III HIPOTESIS

- Ho Los fluidos contenidos en las fosas de lodos al ser derramados al medio ambiente, no tienen efectos dañinos sobre la vegetación y vida acuática de los ríos o masas de agua de los alrededores
- Ho Los aeropoluantes emitidos hacia la atmósfera y producidos por la explotación petrolera, no causan daño a la vegetación en un radio de 10 Km. alrededor de las antorchas de quema

IV OBJETIVOS

A. GENERAL

Describir algunos de los principales problemas de la contaminación ambiental presente en los campos petroleros de Guatemala.

B. ESPECIFICOS

- 1 Determinar el efecto contaminante que sobre el desarrollo de la vida acuática, tienen los fluidos contenidos en las fosas de lodos de los pozos petroleros
- 2 Determinar el efecto de los aeropoluantes procedentes de las antorchas de quema del campo petrolero de Chinaja Oeste, sobre los cultivos y algunas especies asociadas presentes en un radio de 10 Km. alrededor de las mismas

V. MATERIALES Y METODOS

A. DESCRIPCION DEL AREA

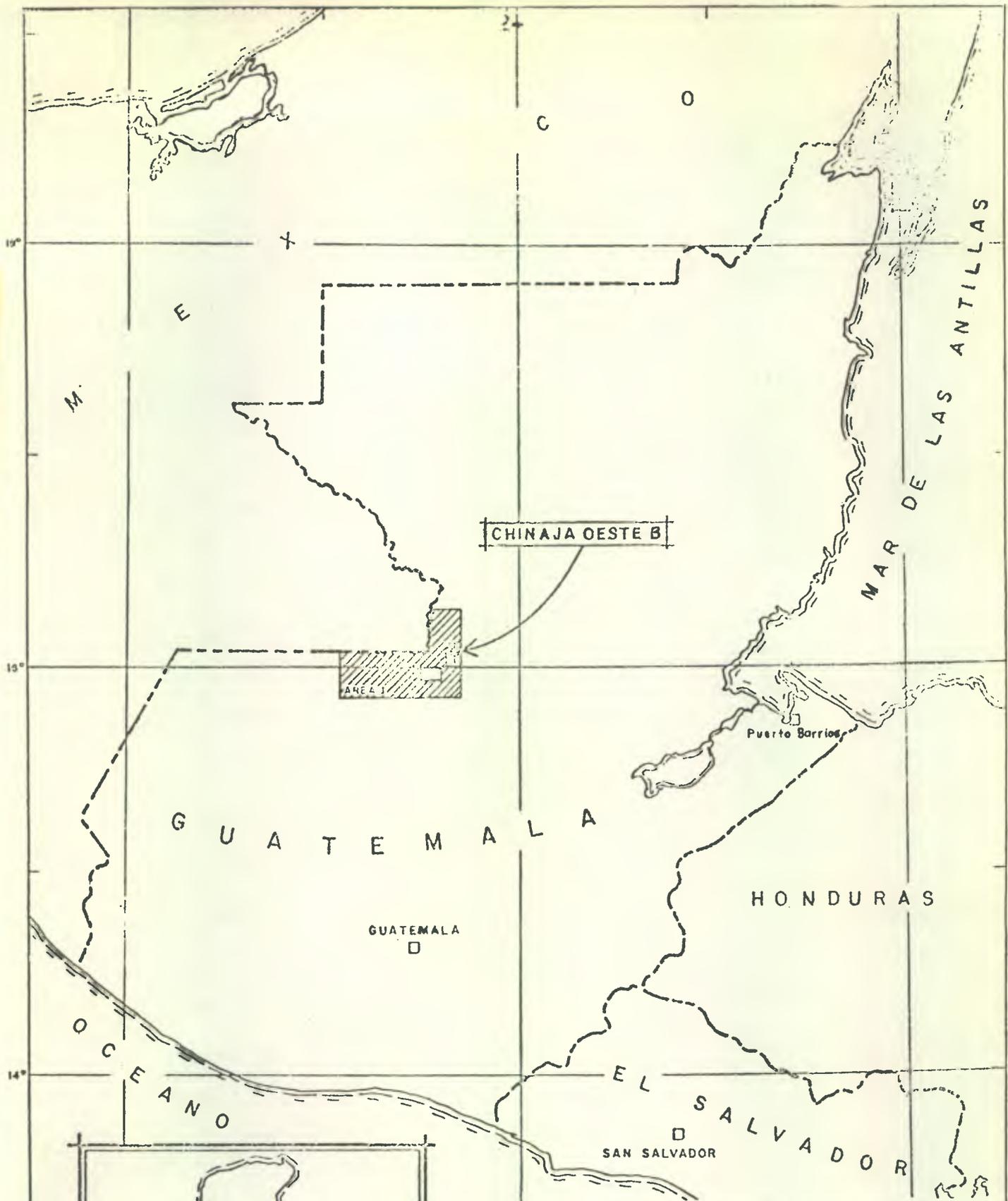
El área de investigación se encuentra localizada en el departamento de Alta Verapaz, municipio de Chisec y se conoce como bloque "I", como se presenta en la gráfica (3), y está siendo operado por la compañía ELF AQUITAINE.

La superficie o área operada por la compañía en mención es de ciento noventa y nueve mil novecientos veinte hectáreas con ocho centésimas (199,920.08 Ha.)

La investigación se realizó dentro del área de explotación denominada Chinaja Oeste y en los pozos exploratorios San Román II y Tierra Blanca I.

De acuerdo a la información obtenida en el Observatorio Nacional, la temperatura media anual es de 24.3° C, la precipitación pluvial media anual es de 2,470.03 mm y la humedad relativa media anual es de 90%. Por lo que de acuerdo a la clasificación realizada por Holdridge (5) la región se cataloga como zona de vida Bosque Tropical Húmedo.

La vegetación natural de la región está caracterizada por especies forestales, predominando las siguientes: Caoba (Swietenia macrophylla), Pimienta gorda (Pimenta dioica), Zapote (Pouteria sp.), Sangre de drago (Pterocarpus officinales), Palo de Sangre (Pterocarpus Hyesis), Jocote (Spondias sp.), Chichipate (Sweetia panamensis), Cortes (Tabebuia guayacan), Ramón (Tropis sp.), Cedro (Cedrela odorata), Palo de hule (Castilla elástica), Ceiba (Ceiba sp.) y un sin número más de especies.



País: GUATEMALA
 Área: EXPLORACIÓN CHINAJA OESTE
 Departamento: EXPLORACION

GRAFICA - 3
 Localización del bloque "I"
 y Campo de Chinajá Oeste

ESC. 1:3,000,000

B. EFECTO DE LOS FLUIDOS CONTENIDOS EN LAS FOSAS DE LODOS DE LOS POZOS PETROLEROS

Para determinar el efecto de estos fluidos sobre el desarrollo de las especies acuáticas, se procedió inicialmente a tomar muestras de los fluidos procedentes de las fosas de lodos de los pozos San Román II y Tierra Blanca I, el 29 de junio de 1983, con el propósito de efectuar un análisis químico cuantitativo y cualitativo de las sustancias presentes en las mismas, y que pudieran estar coasionando algún problema en la vegetación y fauna del lugar. El análisis se hizo en los Laboratorios Analíticos de Referencia, S. A. y la interpretación de estos análisis se realizó tomando en cuenta las normas sugeridas por la O.M.S. (9) y U.S.A.C. (4)

Asimismo se determinó el efecto de estos fluidos sobre la vida acuática de las masas de agua, en las cuales desemboca la escorrentía procedente de estas fosas, para lo cual se tomaron muestras del agua del río en el área donde desembocan y otras 100 m río arriba, unas en la época lluviosa y otras en la época seca. Con las muestras de agua tomadas en el mes de enero de 1984, se determinó la sobrevivencia de 20 alevines de *Tilapia sp.* crecidos en cada una de las aguas. Para ello se elaboraron acuarios de vidrio, de 20 cms. de alto, 30 cms. de largo y 20 cms. de ancho, cada uno conteniendo 10 litros de cada tipo de agua. Los 40 alevines utilizados en el ensayo fueron proporcionados por la Dirección Técnica de Pesca del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, y se alimentaron con una dieta artificial; se les cambió agua cada 8 días y se mantuvieron oxigenados por 30 días, tomando lecturas diarias de sobrevivencia.

En las muestras de agua tomadas en el mes de abril y junio de 1984, se criaron los especímenes, objetos de evaluación, en acuarios conteniendo 10 litros de cada muestra y tipo de agua, los especímenes utilizados fueron: 20 alevines de *Tilapia sp.*, 20 cangrejos de río (*Potomocarcinus guatemalensis*), 20 "jutes" o caracoles de río (*Pachychilus sp.*), así como 100g de alga acuática (*Elodea sp.*), y 100 g de lechuguilla (*pontederia sagittata*). Cada una de estas especies se colocó en un acuario separado y se mantuvo en observación durante 45 días, período al final del cual se hizo el recuento de supervivencia y se midió la ganancia o pérdida de peso de las especies vegetales bajo estudio.

C. DETERMINACION DEL EFECTO DE AEROPOLUANTES

Para determinar si el nivel de contaminación atmosférica presente en el área de Chinajá, es capaz de causar daños visibles en los cultivos, se procedió a inspeccionar individuos de plantaciones de maíz, frijol, y de especies silvestres asociadas a éstas en un área de 10 km. de radio alrededor de las antorchas de quema. Las observaciones se hicieron siguiendo los ejes imaginarios Norte, Sur, Este y Oeste en intervalos de 100 m, en los primeros 500 m y luego a intervalos de 500 m hasta los 10 Km establecidos. Las muestras recolectadas en el campo fueron comparadas con síntomas descritos en la literatura especializada.

VI RESULTADOS Y DISCUSION

A. EFECTO DE LOS FLUIDOS CONTENIDOS EN LAS FOSAS DE LODOS DE LOS POZOS PETROLEROS

Los resultados del análisis del laboratorio de las muestras de agua tomadas de las fosas de lodos se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 4

Resultados del análisis cuantitativo de los fluidos de la fosa de lodos de los pozos
San Román II y Tierra Blanca I

Característica	Fosa San Román II			Fosa Tierra Blanca I	
	muestra No. 1	muestra No. 2	muestra No. 3	muestra No. 1	muestra No. 2
p.H.	7.2	6.9	6.4	6.7	7.0
Densidad (20°C)	1.00	1.006	1.013	1.008	1.007
Sales totales (mg/1)	11688.0	8459.0	23909.0	6236.0	9809.0
H ₂ S (mg/1)	2.06	1.49	1.75	6.0	33.22
Na (mg/1)	3710.00	2644.0	2644.00	1667.0	2924.0
Ca (mg/1)	66.80	66.6	92.6	122.4	173.8
Ca (mEq/1)	3.33	3.32	4.62	6.11	8.67
Mg (mg/1)	36.6	30.9	57.3	20.2	33.2
Mg (mEq/1)	3.02	2.54	4.72	1.6	2.73
Ba (mg/1)	42.4	14.4	41.2	71.8	279.1
Ba (mEq/1)	0.62	0.21	0.6	1.05	4.06
Fe (mg/1)	7.4	8.6	28.2	3.3	16.9
Fe (mEq/1)	0.4	0.46	1.51	0.18	0.91
Zn (mg/1)	0.464	0.218	0.186	0.058	0.096
Cl (mg/1)	5824.0	40302.0	8783.0	23908.0	4300.0
Cl (mEq/1)	164.29	113.74	247.76	67.64	121.30
SO ₄ (mg/1)	287.6	270.9	420.2	526.4	660.6
SO ₄ (mEq/1)	5.99	5.64	8.75	10.98	13.76
HCO ₃ (mg/1)	149.35	379.45	540.0	195.31	425.0
HCO ₃ (mEq/1)	2.45	6.22	8.85	3.20	6.97

Los resultados del análisis cualitativo de los elementos contaminantes que presentan un nivel significativo encontrados en las muestras de las fosas de lodos, se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO 5

Resultado del análisis cualitativo de los elementos contaminantes que presentan un nivel significativo encontrados en las fosas de lodos de los pozos San Román II y Tierra Blanca I

Con- tami- nante	Concentración xíma tolerable (mg/l)		Tierra Blanca I		San Román II		
	U.S.A.C.	O.M.S.	muestras		muestras		
			No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 3
Ba.	20	---	71.8	279.1	42.4	14.4	41.2
Fe.	1	1	3.33	16.9	7.4	8.6	28.2
Cl.	600	600	2398.0	4300.0	5824	4032	8783
SO ₄	400	400	526.4	660.6	287.6	270	420.2
H ₂ S	---	---	6.0	33.2	2.06	1.49	1.75
Na	106	---	3710.0	2644.0	5694	1667	2824

El H₂S, no está considerado dentro de los parámetros de la U.S.A.C. (4) y la O.M.S. (9); sin embargo es un gas sumamente tóxico por lo que su límite de concentración tolerable se puede considerar como 0.

Al comparar los resultados obtenidos con los límites de concentración máxima tolerable recomendados por la universidad de San Carlos de Guatemala (4) y la Organización Mundial de la Salud (9), para aguas potables y riego respectivamente, se aprecia en forma clara los niveles altísimos de bario, Hierro, cloruros, sulfatos, sodio y ácido sulfhídrico, lo que hace suponer en primer lugar el efecto tóxico de estos fluidos sobre las especies vegetales y animales de los ríos en los que desembocan las escorrentías que arrastran éstos, no sólo por los daños que pueden causar en forma aislada sino por la acción conjunta que pueden tener.

En el Cuadro - (6) se presenta los resultados obtenidos en la evaluación del efecto de los fluidos de las fosas de lodos sobre poblaciones acuáticas de peces, crustáceos y moluscos en muestras de agua del río San Román tomadas en época de lluvia.

CUADRO - 6

Mortandad y sobrevivencia de 20 peces, 20 moluscos y 20 crustáceos, en aguas del río San Román tomadas en el punto de desembocadura de la escorrentía proveniente de la fosa de lodos del pozo San Román II (punto A) y 100 metros aguas arriba del punto anterior (punto B), en la época de lluvia.

Muestra tomada el 2-1-84		Muestra tomada el 19-7-84														
Día	Tilapia sp.				Tilapia sp.				Pachychilus sp.				Potomocarcinus guatemalensis			
	Punto A		Punto B		Punto A.		Punto B.		Punto A.		Punto B.		Punto A.		Punto B.	
	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.
1	0	20	0	20	2	18	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20
2	0	20	0	20	3	15	2	18	00	20	0	20	5	15	3	17
3	0	20	0	20	3	12	0	18	0	20	0	20	0	15	2	15
4	0	20	0	20	0	12	1	17	5	15	2	18	2	13	1	14
5	0	20	0	20	0	12	0	17	0	15	0	18	3	10	0	14
6	0	20	0	20	3	9	0	17	2	13	0	18	3	7	0	14
7	0	20	0	20	0	9	0	17	1	12	3	15	0	7	0	14
8	0	20	0	20	0	9	0	17	4	8	0	15	1	6	2	12
9	0	20	0	20	1	8	0	17	0	8	0	15	0	6	1	11
10	0	20	0	20	3	5	0	17	4	4	0	15	4	2	1	10
11	0	20	0	20	2	3	0	17	1	3	0	15	0	2	0	10
12	0	20	0	20	0	3	0	17	0	3	0	15	0	2	1	9
13	0	20	0	20	0	3	0	17	0	3	0	15	0	2	0	9
14	0	20	0	20	2	1	0	17	0	3	0	15	0	2	0	9
15	0	20	0	20	0	1	0	17	2	1	0	15	0	2	0	9
16	0	20	0	20	0	1	0	17	0	1	0	15	0	2	0	9
17	0	20	0	20	0	1	0	17	0	1	0	15	1	1	0	9
18	0	20	0	20	1	0	0	17	0	1	0	15	0	1	0	9

19	0	20	0	20	0	0	0	17	0	1	0	15	0	1	0	9
20	2	18	0	20	0	0	0	17	0	1	0	15	0	1	0	9
21	0	18	0	20	0	0	0	17	1	0	1	14	0	1	0	9
22	5	13	0	20	0	0	0	17	0	0	0	14	0	1	0	9
23	2	11	2	18	0	0	0	17	0	0	0	14	0	1	0	9
24	4	7	3	15	0	0	0	17	0	0	0	14	0	1	0	0
25	0	7	2	13	0	0	0	17	0	0	0	14	0	1	0	9
26	7	0	3	10	0	0	0	17	0	0	0	14	0	1	0	9
27	0	0	0	10	0	0	1	16	0	0	0	14	1	0	0	9
28	0	0	1	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
29	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
30	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
31	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
32	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
33	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
34	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
35	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
36	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
37	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
38	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	14	0	0	0	9
39	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	2	12	0	0	0	9
40	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	12	0	0	0	9
41	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	12	0	0	0	9
42	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	12	0	0	0	9
43	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	12	0	0	0	9
44	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	12	0	0	0	9
45	0	0	0	9	0	0	0	16	0	0	0	12	0	0	0	9

+ Mo = Mortalidad

So. = Sobrevivientes

Los resultados obtenidos en la evaluación del efecto de los fluidos de las fosas de lodos sobre poblaciones acuáticas de peces, crustáceos y moluscos en muestras de agua tomadas en época seca, se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 7

Mortandad y sobrevivencia de 20 peces, 20 moluscos y 20 crustáceos, en aguas del río San Román tomadas en el punto de desembocadura de la escorrentía proveniente de la fosa de lodos del pozo San Román II (punto A) y 100 metros aguas arriba del punto anterior (punto B) en época seca.

Muestra Tomada el 20-4-84												
Día	Tilapia sp.				Pachychilus sp.				Potomocarcinus guatemalensis			
	Punto A		Punto B		Punto A		Punto B		Punto A		Punto B	
	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.	Mo.	Sob.
1	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20
2	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20	0	20
3	1	19	1	19	0	20	1	19	0	20	0	20
4	2	17	0	19	0	20	0	19	1	19	0	20
5	0	17	0	19	0	20	0	19	0	17	0	20
6	0	17	0	19	0	20	0	19	0	17	0	20
7	0	17	0	19	0	20	0	19	0	17	2	18
8	0	17	1	18	2	18	0	19	0	17	3	15
9	0	17	0	18	0	18	1	18	1	16	0	15
10	0	17	0	18	0	18	0	18	0	16	1	14
11	3	14	0	18	1	17	0	18	6	10	5	9
12	0	14	0	18	0	17	0	18	3	7	3	6
13	0	14	0	18	0	17	0	18	0	7	0	6
14	0	14	0	18	3	14	0	18	0	7	0	6
15	0	14	2	16	0	14	0	18	0	7	0	6
16	0	14	0	16	0	14	0	18	0	7	0	6
17	2	12	0	16	0	14	0	18	0	7	0	6

18	0	12	0	16	0	14	0	18	0	7	0	6
19	0	12	0	16	0	14	0	18	1	6	0	6
20	0	12	0	16	0	14	0	18	0	6	0	6
21	0	12	0	16	0	14	0	18	0	6	0	6
22	0	12	0	16	0	14	0	18	0	6	0	6
23	0	12	0	16	0	14	0	18	0	6	0	6
24	0	12	0	16	0	14	0	18	0	6	1	5
25	0	12	2	14	0	14	0	18	0	6	0	5
26	0	12	0	14	0	14	0	18	0	6	0	5
27	0	12	0	14	0	14	0	18	0	6	0	5
28	0	12	0	14	0	14	0	18	0	6	0	5
29	0	12	0	14	0	14	0	18	0	6	0	5
30	0	12	0	14	2	12	0	18	0	6	0	5
31	0	12	0	14	1	11	0	18	0	6	0	5
32	0	12	0	14	4	7	3	15	0	6	0	5
33	0	12	0	14	0	7	1	14	0	6	0	5
34	0	12	0	14	0	7	5	9	0	6	0	5
35	0	12	0	14	0	7	0	9	0	6	0	5
36	0	12	0	14	0	7	0	9	0	6	0	5
37	0	12	0	14	0	7	0	9	2	4	1	4
38	0	12	0	14	0	7	0	9	3	1	2	2
39	0	12	0	14	0	7	0	9	1	0	0	2
40	0	12	0	14	0	7	0	9	0	0	0	2
41	0	12	0	14	0	7	0	9	0	0	2	2
42	0	12	0	14	0	7	0	9	0	0	0	0
43	0	12	0	14	0	7	0	9	0	0	0	0
44	0	12	0	14	0	7	0	9	0	0	0	0
45	0	12	0	14	0	7	0	9	0	0	0	0

+ Mo = Mortalidad

So. = Sobrevivientes

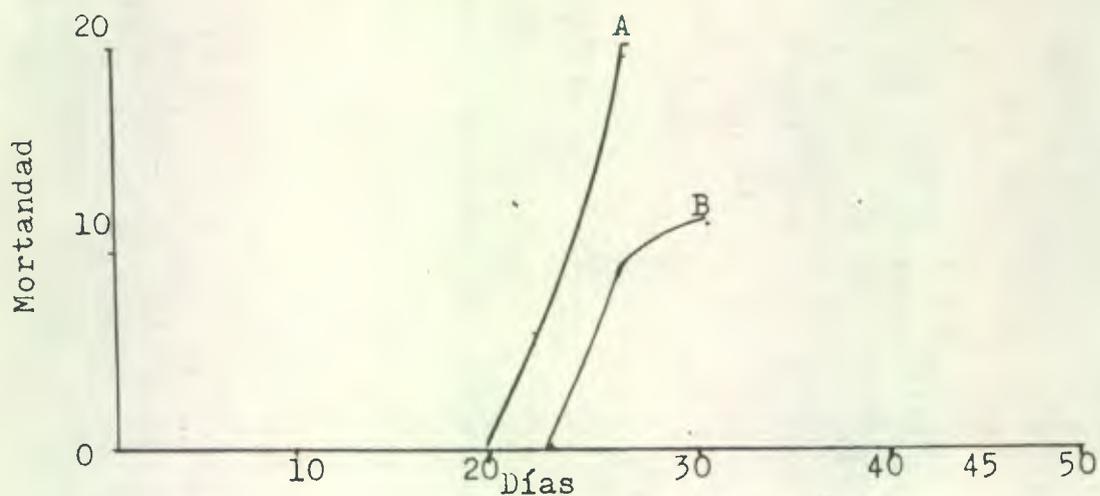
La Mortandad observada durante el período experimental en las poblaciones, animales y vegetales acuáticas bajo estudio se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO - 8

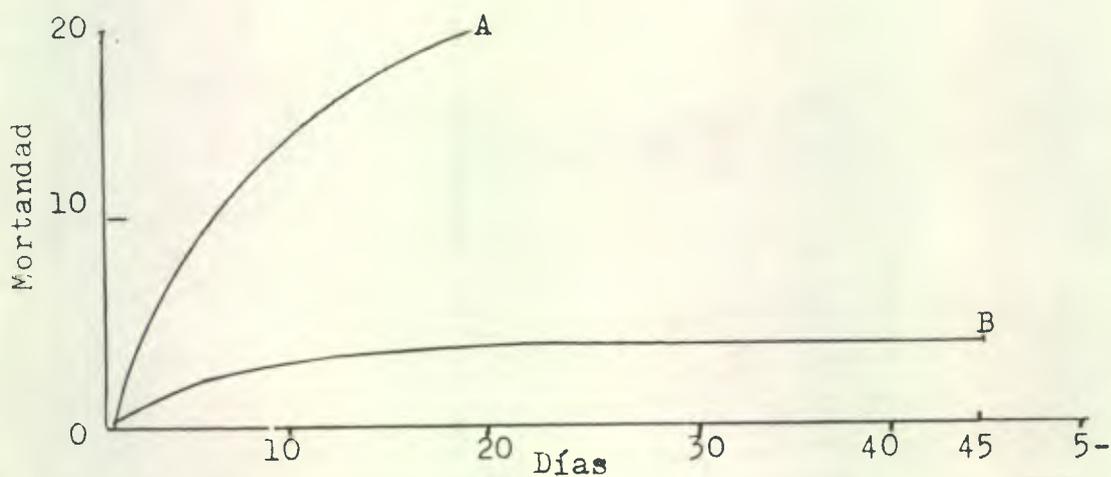
Tasas de Mortalidad observadas en las poblaciones bajo estudio

Muestra tomada el 2-1-84			Muestra tomada el 19-7-84		Muestra tomada el 20-4-84	
Población	Punto A	Punto B	Punto A	Punto B	Punto A	Punto B
Tilapia sp.	100 %	55 %	100 %	20%	40 %	30%
Pachychilus sp	—	—	100 %	40 %	65 %	55 %
Potomocarcinus guatemalensis	—	—	100 %	55 %	100 %	100 %

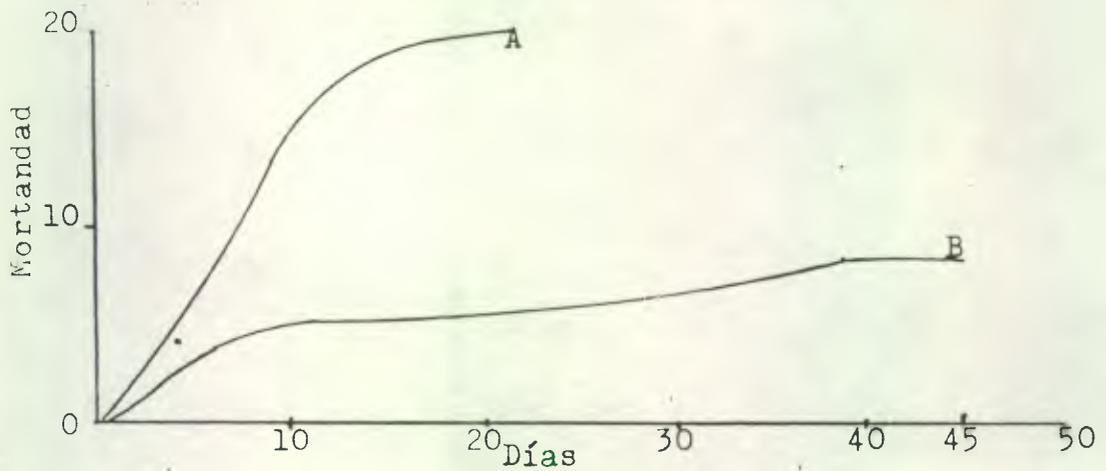
La tendencia en la mortandad de las poblaciones de *Tilapia sp.*, *Pachychilus sp.* y *Potomocarcinus guatemalensis*, sometidos a dos ambientes distintos; (A, agua tomada en el punto de desembocadura de la escorrentía de la fosa de lodos del pozo San Román II y B, agua tomada 100 metros aguas arriba del punto anterior), muestras tomadas respectivamente en época seca y en época lluviosa, se observa en las gráficas siguientes.



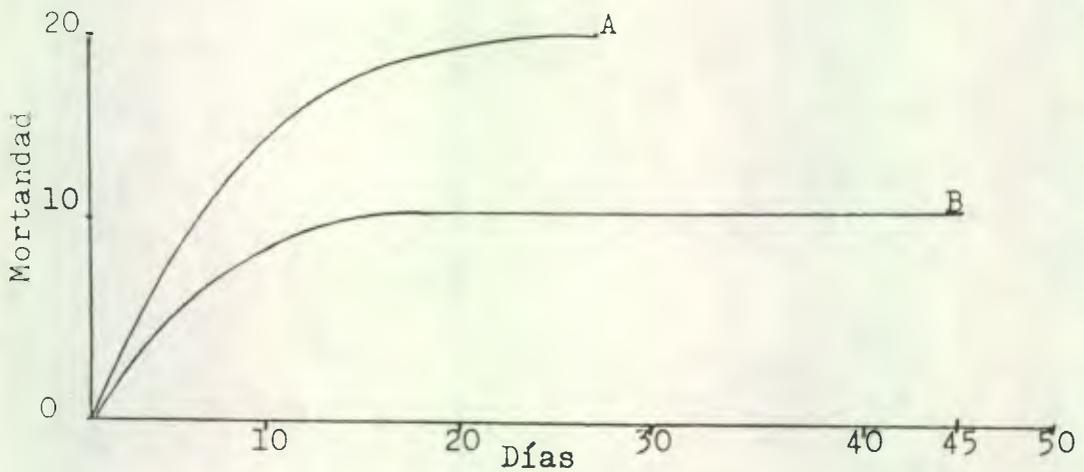
Gráfica - 4: Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de *Tilapia sp.* sometidas a dos ambientes distintos; (A, agua tomada en el punto de desembocadura de la escorrentía de la fosa de lodos del pozo San Román II y B, agua tomada 100 metros aguas arriba del punto anterior), muestra tomada el 2-1-84.



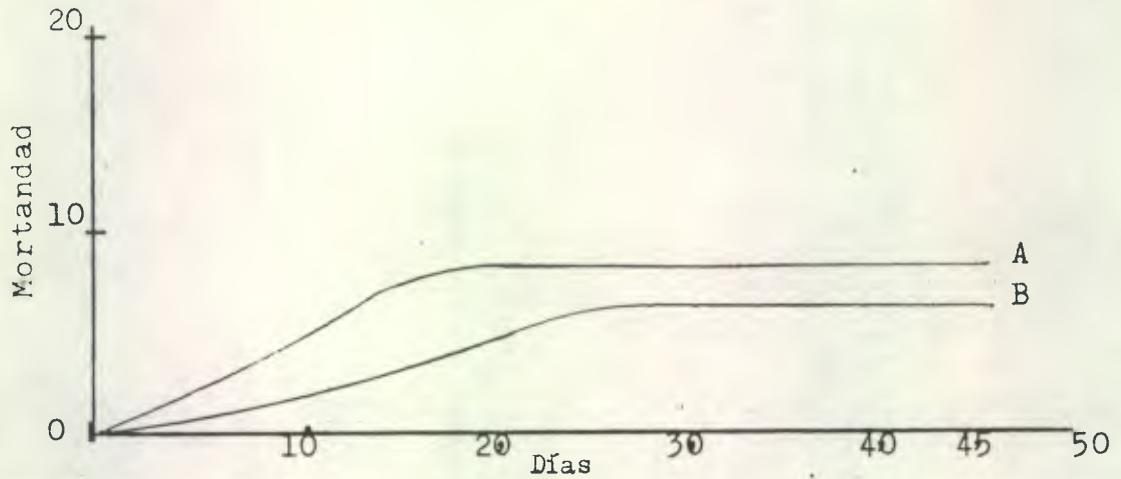
Gráfica - 5: Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de *Tilapia sp.* sometidas a dos ambientes distintos (A, agua tomada en el punto de desembocadura de la escorrentía de la fosa de lodos del pozo San Román II y B, agua tomada 100 metros aguas arriba del punto anterior), muestra tomada el 19-7-84.



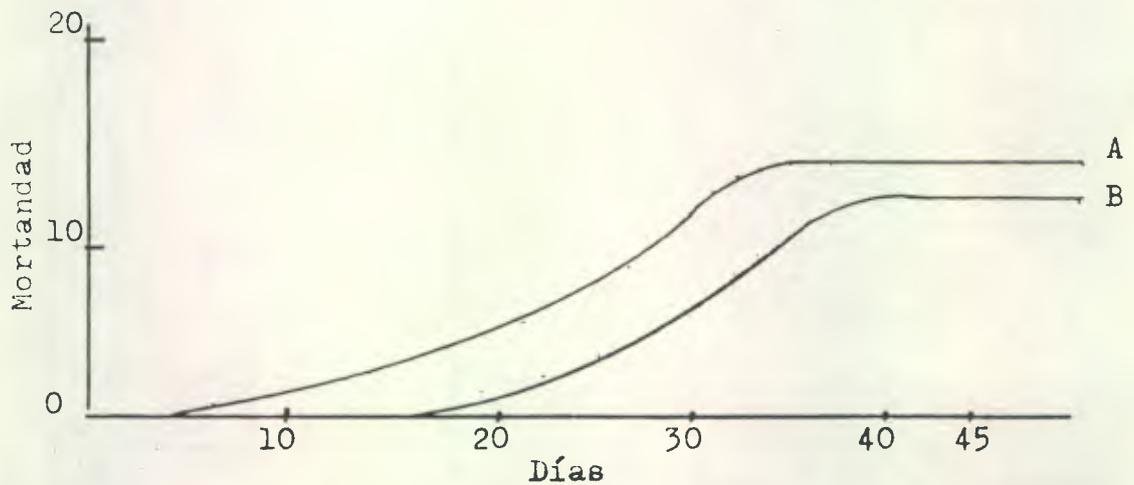
Gráfica-6: Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de *Pachychilus sp.* sometidas a dos ambientes distintos; (A, agua tomada en el punto de desembocadura de la escorrentía de la fosa de lodos del pozo San Román II y B, agua tomada 100 metros aguas arriba del punto anterior), muestra tomada el 19-7-84.



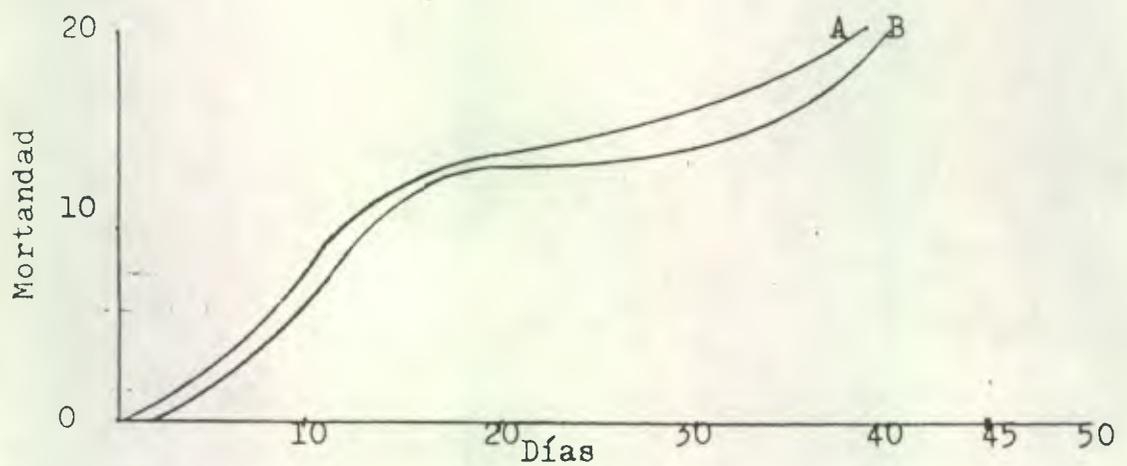
Gráfica - 7: Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de *Potomocarcinus guatemalensis*. Sometidas a dos ambientes distintos; (A, agua tomada en el punto de desembocadura de la escorrentía de la fosa de lodos del pozo San Román II y B, agua tomada 100 metros aguas arriba del punto anterior), muestra tomada el 19-7-84.



Gráfica - 8: Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de *Tilapia sp.* sometidas a dos ambientes distintos: (A, agua tomada en el punto de desembocadura de la escorrentía de la fosa de lodos del pozo San Román II y B, agua tomada 100 metros aguas arriba del punto anterior), muestra tomada el 20-4-84.



Gráfica - 9: Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de *Pachychilus sp.* sometida a dos ambientes distintos: (A, agua tomada en el punto de desembocadura de la escorrentía de la fosa de lodos del pozo San Román II y B, agua tomada 100 metros aguas arriba del punto anterior), muestra tomada el 20-4-84.



Gráfica - 10: Tendencia en la mortandad de dos poblaciones de *Potomocarcinus guatemalensis*, sometidas a dos ambientes distintos; (A, agua tomada en el punto de desembocadura de la escorrentía de la fosa de lodos del pozo San Román II y B, agua tomada 100 metros aguas arriba del punto anterior), muestra tomada el 20-4-84.

Los resultados obtenidos en la evaluación del efecto de los fluidos de las fosas de lodos sobre especies vegetales acuáticas se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO - 9

Evaluación de la pérdida o ganancia de biomasa en alga (*Elodea sp.*) y lechuguilla (*Pontederia sagittata.*), en aguas del río San Román tomadas en el punto de desembocadura de la escorrentía proveniente de la fosa de lodos del pozo San Román II (punto A) y 100 metros aguas arriba del punto anterior (punto B), muestras tomadas respectivamente en época seca y en época lluviosa.

Especie	Muestra tomada el 20-4-84				Muestra tomada el 19-7-84			
	Punto A		Punto B		Punto A		Punto B	
	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)
Pontederia	100.03	100.2	96.6	94.1	99.05	75.2	100.6	97.6
Elodea	100.00	91.01	100.02	92.3	100.0	50.03	98.7	99.0

El efecto tóxico del fluido contenido en las fosas de lodos de los pozos petroleros sobre el ecosistema acuático de los cuerpos de agua, en los cuales la escorrentía proviene de estas desemboca, se hace evidente al analizar los resultados obtenidos durante la evaluación de que fueron objeto las especies animales utilizadas.

Los resultados obtenidos evidencian la existencia de una diferencia de mortandad, en las especies crecidas en muestras de agua tomadas en el lugar que desemboca la escorrentía proveniente de la fosa de lodos del pozo San Román II en la época de invierno y las especies crecidas en muestras de agua tomadas en el mismo lugar, pero en el verano.

Las especies evaluadas en muestra de agua tomadas en el lugar donde la escorrentía de la fosa de lodos desagua en el río San Román, en la época lluviosa, dio como resultado una elevada mortandad desde el primer día del experimento, y terminó con la desaparición de toda la población en aproximadamente el 50% del período experimental, no ocurriendo este fenómeno en las especies evaluadas en muestras de agua tomadas en el mismo lugar pero en la época seca, en las cuales se observó una pequeña mortandad en los primeros días del período experimental, seguramente debido al cambio de ambiente, como se puede observar en la gráfica de mortandad. Este efecto se corrobora al estudiar el desarrollo de especies vegetales de vida acuática como la Elodea sp. y Pontederia sagittata, ya que las muestras de agua tomadas en el verano, en el lugar donde la escorrentía proveniente de la fosa en la época de invierno desemboca en el río, no causan efecto alguno sobre los vegetales evaluados, en cambio las muestras tomadas en invierno en el mismo punto, son capaces de provocar una pérdida de biomasa por pudrición en la Elodea sp del 50% y en Pontederia sagittata del 25 % . La mayor pérdida de biomasa en la primera se debe atribuir a que ésta es más sensible que la segunda a la acción fitotóxica del fluido.

Los resultados obtenidos demuestran la toxicidad del fluido contenido en las fosas y su capacidad de afectar al ecosistema acuático.

B. EFECTO QUE LOS AEROPOLUANTES PRESENTES EN LA ATMOSFERA DEL CAMPO DE CHINAJA OESTE TIENEN SOBRE EL MAIZ Y ESPECIES ASOCIADAS

Por medio del archivo técnico de la Dirección General de Hidrocarburos, del Ministerio de Energía y Minas, se obtuvo el análisis cromatográfico de los gases producidos en los campos petroleros de Rubelsanto y Chinajá Oeste, el cual se presenta en el siguiente cuadro.

CUADRO 10

Análisis cromatográfico de los gases de Rubelsanto y Chinajá Oeste.

(Vol. gas o % Mol.)		
Componente	Rubelsanto	Chinajá
	60%	40%
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	19.40	4.53
Dióxido de Carbono (CO ₂)	2.06	1.05
Aire		
Nitrógeno (N ₂)	1.73	0.51
Oxígeno (O ₂)		
Metano (CH ₄)	53.77	70.57
Etano (C ₂ H ₆)	12.48	13.22
Propano (C ₃ H ₈)	6.27	6.72
Iso-butano (iC ₄ H ₁₀)	0.85	0.82
N-butano (nC ₄ H ₁₀)	2.17	1.53
Iso-pentano (iC ₅ H ₁₂)	0.40	0.30
N-pentano (nC ₅ H ₁₂)	0.53	0.51
Iso-exano (iC ₆ H ₁₄)		
N-exano (nC ₆ H ₁₄)		
Pentanos y más pesados		
Exanos y más pesados	0.34	0.44
Heptanos y más pesados		
TOTAL	100.00	100.00
Determinación de Azufre		
	Grs./100SCT	Grs/100SCT
Sulfuro de Hidrógeno	12084.372	2811.28
Mercaptanos RSH	160.54	40.39
Sulfuros RSR	53.37	17.15
Sulfuros Residuales RSSR	10.66	4.03
Total Sulfuros	12308.94	2811.85
Fuente: Archivo técnico de la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas.		

En el Cuadro (11) se presentan los resultados obtenidos en la evaluación del efecto que los Aeropolutantes emitidos a la atmósfera, por las torres de quema del campo petrolero de Chinajá Oeste, tienen sobre el Maíz y especies silvestres asociadas.

CUADRO 11

Resultados obtenidos de las inspecciones realizadas hacia el Norte, Sur y Oeste del campo petrolero de Chinajá Oeste, sobre las plantaciones de Maíz

Distancia de muestreo a partir de la antorcha	Inspección hacia el Norte				Inspección hacia el Sur			Inspección hacia el Oeste		
	P.M.	T.H.	H.D.	% D.F.	T.H.	H.D.	% D.F.	T. H.	H.D.	% D. F.
200 m	20	201	73	36.32	000	00	00000	165	90	54.55
300 m	20	152	56	36.84	175	26	14.86	237	56	23.63
400 m	20	159	30	18.87	168	18	10.71	177	23	13.00
500 m	20	164	19	11.58	000	00	00.00	199	16	8.04
1000 m	20	193	7	3.63	195	00	00.00	156	9	6.62
1500 m	20	168	5	2.98	177	00	00.00	179	5	2.79
2000 m	20	193	0	0.00	196	00	00.00	186	6	3.22
2500 m	20	186	0	0.00	195	00	00.00	185	4	2.16
3000 m	20	193	0	0.00	189	00	00.00	165	4	2.42
3500 m	20	000	0	0.00	193	00	00.00	183	1	0.55
4000 m	20	196	0	0.00	172	00	00.00	195	0	0.00
4500 m	20	185	0	0.00	000	00	00.00	180	0	0.00
5000 m	20	188	0	0.00	181	00	00.00	000	0	0.00
5500 m	20	190	0	0.00	188	00	00.00	000	0	0.00
6000 m	20	164	0	0.00	000	00	00.00	000	0	0.00
6500 m	20	188	0	0.00	000	00	00.00	000	0	0.00
7000 m	20	190	0	0.00	195	00	00.00	165	0	0.00
7500 m	20	202	0	0.00	197	00	00.00	000 Bosque	0	0.00
8000 m	20	209	0	0.00	188	00	00.00	000	0	0.00
8500 m	20	193	0	0.00	186	00	00.00	000	0	0.00
9000 m	20	214	0	0.00	000	00	00.00	000	0	0.00
9500 m	20	198	0	0.00	000	00	00.00	000	0	0.00
10000 m	20	183	0	0.00	209	00	00.00	000	0	0.00

Nota: La inspección hacia el Este del campo no se realizó por existir en esta orientación una zona boscosa.

P. M. = Plantas muestreadas

H. D. = Hojas dañadas

T. H. = Total de hojas

% D. F. = Porcentaje de daño foliar.

Además del cultivo de maíz se observaron síntomas característicos de fitotoxicidad por el efecto de aeropoluantes en las siguientes especies:

Familia Graminae:

Digitaria sp., Paspalum conjugatum.

Familia Leguminosae:

Phaseolus sp., Crotalaria pumila.

Familia Solanaceae:

Physalis sp., Solanum sp.

Familia Convolvulaceae:

Ipomea congesta, Ipomea trifida.

Familia Melastomaceae:

Clidemia dentata.

Familia Euphorbiaceae:

Euphorbia heterophylla.

Familia compositae:

Bidens pilosa.

Familia Piperaceae:

Piper umbellatum.

C. DESCRIPCION DEL DAÑO FOLIAR.

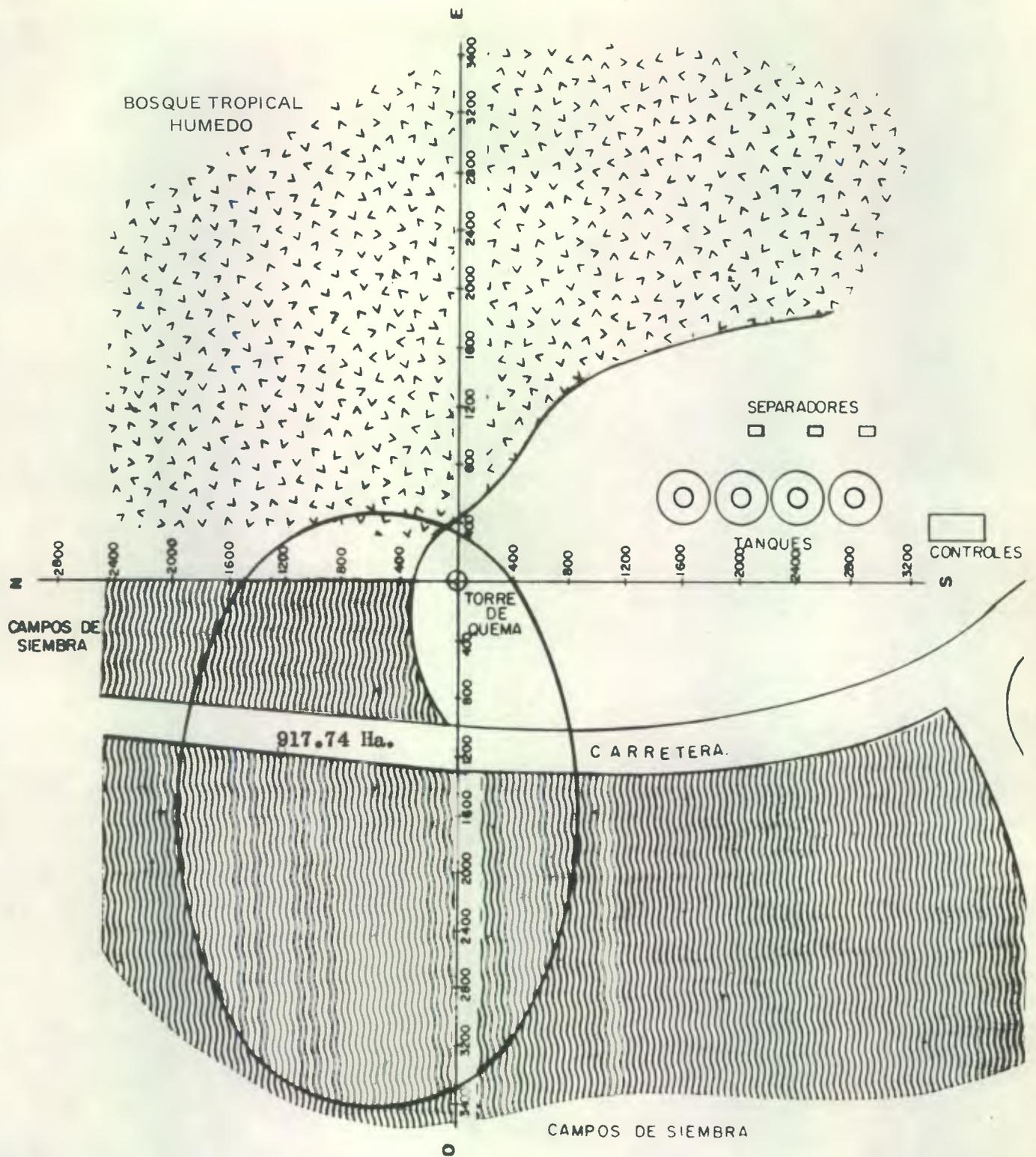
En forma general se puede definir el daño provocado por los aeropoluantes presentes en la atmósfera de Chinajá Oeste sobre las especies vegetales como: La pérdida del área fotosintética de la lámina foliar, que se observa como un amarillamiento intervenal.

En algunas familias se presentan algunas diferencias como sucede con la Graminae, Solanaceae y Convolvulaceae. En la primera se observa un amarillamiento regularmente distribuido sobre la lámina foliar acentuándose hacia la base de la hoja. En la segunda se observa un amarillamiento irregularmente distribuido formando motas sobre la lámina foliar tendiendo a unirse éstas hacia el ápice de la hoja. La tercera presenta un amarillamiento puntual regularmente distribuido en toda la lámina foliar.

El efecto fitotóxico que la emisión de agentes contaminantes hacia la atmósfera tienen sobre las plantas de maíz se puede corroborar estudiando en cuadro (11), en el cual se observa que el daño foliar causado por éstos, hacia el Norte de la fuente de emisión disminuye paulatinamente con la distancia, lográndose detectar hasta los 1,500 m; caso parecido se observa hacia el Sur, donde la acción de los aeropoluantes se detecta hasta una distancia de 400m, pero posiblemente se extienda un poco más porque en el intervalo de 400 a 500 m, no existían campos de maíz, sino matorrales y selva; hacia el Oeste la acción de estos contaminantes abarca una distancia mayor extendiéndose a los 3,000 m, posiblemente influenciado por la dirección en que corren los vientos en esta zona, que de acuerdo a los campesinos de la región van hacia el Noreste. El efecto que éstos tienen hacia el Este no fue posible determinarlo, por la existencia en esa orientación de una zona selvática. Una mejor visión del área afectada por la acción de los gases de tendrá estudiando la gráfica (11), en la que se puede observar que el área mínima afectada y determinada por medio de las inspecciones realizadas, es de 9.17 Km² o sea 917.74 Ha. la cual debe ser mucho mayor, ya que con la metodología empleada (comparación con síntomas descritos en literatura especializada) no es posible determinarla y debe recurrirse a la técnica de fotografía infrarroja, como un método auxiliar, aunque es económicamente más costoso.

El efecto fitotóxico de estos gases se hace patente al encontrar daño foliar en las especies silvestres asociadas a este cultivo. El daño foliar existente en las especies cultivadas y silvestres es característico a los producidos por el Ozono y el Di-óxido de Azufre mencionados por Sagar V. Krupa (5).

Los resultados obtenidos confirman que la contaminación atmosférica, existente en el campo de Chinajá Oeste es capaz de ocasionar daños foliares evidentes en los vegetales cultivados y silvestres aledaños al campo petrolero.



Gráfica - 11: Area Mínima afectada por la acción fitotóxica de los aeropoluantes.

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, y en relación a los objetivos e hipótesis planteados, se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

A CONCLUSIONES

- 1 Los fluidos provenientes de la fosa de lodos de los pozos petroleros, son capaces de afectar la sobrevivencia de especies animales como: *Tilapia sp*, *Potomocarcinus guatemalensis*, *Pachychilus sp* y especies vegetales acuáticas como *Elodea sp* y *Pontederia sagittata*.
- 2 Los gases emitidos hacia la atmósfera por la antorcha de quema del campo de Chinajá Oeste, son capaces de producir efectos fitotóxicos en los componentes vegetales de los Agroecosistemas y Ecosistemas silvestres de la región, en un radio menor de 10 Km de la fuente de emisión.

B RECOMENDACIONES

- 1 Evitar en lo posible la utilización de productos que contengan en su composición elementos químicos tóxicos en la preparación de los lodos de perforación
- 2 Evitar el derrame de los fluidos contenidos en la fosa de lodos hacia el ambiente.
- 3 Que el organismo competente legisle normas que reduzcan la contaminación y protejan al medio ambiente.
- 4 Se efectúe un estudio que indique la mejor forma de disponer de los fluidos contenidos en las fosas de lodos, minimizando o eliminando su impacto en el ambiente.
- 5 Determinar un área de seguridad alrededor de las plantas de procesamiento del petróleo, de acuerdo al radio de mayor acción del gas, determinado en estudios previos sobre la vegetación silvestre y cultivada.

- 6 Estudiar la posible utilización del Acido Sulfhídrico para la obtención de fertilizantes azufrados y otros productos de uso en la industria.
- 7 Efectuar un estudio específico para determinar el efecto del SO_2 , O_3 , CO y otros agentes contaminantes emitidos hacia la atmósfera, sobre especies autóctonas susceptibles a éstos con el fin de utilizarlas como indicadores de contaminación, en áreas que pudieran estar expuestas a la acción de estos agentes.
- 8 Efectuar un estudio que determine el efecto que la emisión de estos gases hacia la atmósfera pudiera tener sobre la incidencia de lluvias ácidas, así como el efecto que éstas ocasionarían en los suelos y bosques de la región.
- 9 Determinar el efecto que la exposición a la acción de estos gases, tiene sobre especies vegetales susceptibles a largo plazo.
- 10 Determinar si el daño foliar ocasionado por la acción de los gases emitidos hacia la atmósfera, sobre Zea mays y otras especies cultivadas es capaz de ocasionar disminución apreciable en el rendimiento de éstas.

VIII. BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ALBIZURES, P. J. Estudio ecológico de la laguna de Chichoj. Tesis de Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 63 p.
2. CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA, 12a, Caracas, Venezuela, del 23 al 29 de Agosto de 1970. Venezuela, Editado por la sección Argentina, 1970. 235 p.
3. FREEMAN, D. S. Energía de la nueva era, México, DEMMELISA 1976. pp 45-53
4. GUATEMALA. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS. ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA. Manual del seminario "Tópicos sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas". Guatemala, 1978. pp 9-48
5. HOLDRIDGE, L. E. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica, IICA, 1978. 216. p.
6. IRIAS, J. M. y MCPHERSON, W. J. protección ambiental y seguridad en operaciones petroleras. Guatemala, Dirección General de Minería e Hidrocarburos, 1980 124 p
7. KRUPA, V. S. Impacto of pollutants on terrestrial vegetation (ozono, sulfere dioxide, acidec rain and acid aerosols an flourides.) USA., University of Minnesota, Departament of plant Phathology, 1977. 1972 p
8. LAMAS, M. y FERNANDEZ, R. A. Impacto ambiental refinería de petróleo y fábrica de pasta de papel. Madrid, Centro Internacional de formación en Ciencias ambientales, 1978. 89. p.
9. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. normas internacionales para el agua potable. 3 ed. Ginebra, 1978. 75 p.
10. SHEPPARD, T. P. Acondicionamiento de aguas para la industria. México, LIMUSA, 1970. 227 p.
11. SUTTON, B. y HARMON, P. Fundamentos de ecología. Trad. por Gabriel Velasco F. México, LIMUSA, 1979. pp 105-119
12. TURK, A., TURK, J. y WITTES, J. R. Ecología, contaminación medio ambiente. Trad. por Carlos Gerhard O. México, Interamericana, 1976. pp 271-322.

Vo. 160

Patricio



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"

A large, stylized handwritten signature in black ink, overlapping the circular stamp.



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
D E C A N O