



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA IZUCAR DE MATAMOROS

*Organismo Público Descentralizado del Estado de Puebla*

---

## PROGRAMA MÉXICO – CUBA PROYECTOS INTEGRALES

### PROYECTO CONACYT

Ref. E120.1740/2000

# ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL EN ZONAS DE INTERES SOCIO ECONOMICO DE IZUCAR DE MATAMOROS



QUEMA DE CAÑA DE AZUCAR

DIRECTOR DEL PROYECTO. M.C. Carlos T. Martínez Martínez.

Izúcar de Matamoros a 9 de septiembre del 2003

# INDICE

	<b>Pag No</b>
Instituciones participantes	
I.-Análisis de la información existente sobre las condiciones naturales y antrópicas en la cuenca del río Nexapa. Etapa 1	
1.1.-Introducción	
1.2 Resultados y Discusiones	
1.2.1.-Factores Poblacionales	
1.2.2.- Factores meteorológicos	
1.2.3.- Factores epidemiológicos	
1.3.- Conclusiones	
1.4.- Bibliografía	
II.- Monitoreo de compuestos orgánicos tóxicos y metales pesados en el ecosistema asociado a la cuenca del río Nexapa. Etapa 2	
2.1.- Introducción	
2.2.- Geoquímica del medio ambiente.	
2.3.- Procedimientos de monitoreo ambiental	
2.4.- Análisis de contaminantes.	
2.5.- Conclusiones de la revisión bibliográfica	
2.6.- Materiales y Métodos	
2.6.1 Aguas	
2.6.2 Suelos.	
2.6.3 Aire ambiente y emisiones industriales.	
2.6.4 Emisiones por quema de caña de azúcar	
2.7 Resultados y Discusiones	
2.7.1 Aguas	
2.7.2 Efluentes industriales	
2.7.3 Suelos	
2.7.4 Emisiones industriales	
2.7.5 Emisiones por quema de caña de azúcar	

3.-Normas y procedimientos para la protección ambiental durante las operaciones industriales que se desarrollan en la zona. Etapa 3	
3.1 Introducción	
3.2 Fabrica de plaguicidas	
3.2.1 Control y prevención de la contaminación	
3.2.2 Tecnologías de tratamiento	
3.3 Ingenio Atencingo	
3.3.1 Control y prevención de la contaminación	
3.3.2 Tecnologías de tratamiento	
3.4 Fábrica Bacardí (efluente de vinaza)	
3.4.1 Control y prevención de la contaminación	
3.4.2 Tecnologías de tratamiento	
3.5 Conclusiones:	
3.6 Bibliografía.	

# **INSTITUCIONES PARTICIPANTES**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE IZUCAR DE MATAMOROS (UTIM)**

**M.C CARLOS T. MARTINEZ MARTINEZ  
DR. ENRIQUE NAVARRO FROMETA  
M.C. SANDRO CID ORTEGA**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL PETROLEO (CEINPET)  
DE CUBA**

**DR. MIGUEL ANGEL DIAZ DIAZ  
DR ORLANDO ALVAREZ HERNÁNDEZ  
LIC. VERLAYN PAUMIER DORTICOS**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PUEBLA**

**ING OSCAR ARROYO PORRAS  
ING. **MAYRA RUIZ REYES****

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA FACULTAD DE NUTRICIÓN**

**M.C. LITA C. CAMPO REYES.**

# ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE SOBRE LAS CONDICIONES NATURALES Y ANTRÓPICAS EN LA CUENCA DEL RÍO NEXAPA.

## ETAPA 1

### 1.1 INTRODUCCION

La protección del medio ambiente constituye una alta prioridad en las actividades operacionales para la industria (Wallace, 1996) (UNEP, 1996) (Scheibner, A.R. et al., 1997) y ha adquirido una connotación mundial creciente como resultado de una mayor conciencia pública.

La contaminación del suelo representa uno de los aspectos de alteración del medio ambiente debida en gran parte al hombre y no debe ser desestimado, pues la función del suelo no es sólo proveer directa o indirectamente la nutrición a miles de millones de personas que habitan en nuestro planeta, sino que también es un factor determinante de los equilibrios que implican a toda la biosfera (Vignacq, 1990).

El monitoreo de efluentes a corto y largo plazo es de gran importancia para determinar si la actividad industrial en una zona determinada está causando alguna contaminación. Los programas efectivos de monitoreo pueden identificar los problemas antes de que se conviertan en motivo importante de preocupación en materia de medio ambiente.

Entre los contaminantes fundamentales que aparecen en los sedimentos y suelos se encuentran los compuestos orgánicos tóxicos y los metales pesados (Cr, Ni, Cu, Cd, Pb, Zn), cuyos niveles se requieren controlar. En las aguas aparecen como contaminantes los compuestos orgánicos tóxicos, cloruros, sulfatos, sólidos disueltos, materia en suspensión, sulfuros, metales pesados, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). La determinación de estos parámetros posibilita establecer los métodos de tratamiento y/o disposición para las aguas residuales (Alconsult, 1998).

El objetivo de este estudio ha sido obtener información sobre el estado actual del sistema ecológico y valoración de la influencia de los factores naturales y antrópicos, con vistas a proponer medidas para conservar y mejorar el ecosistema.

#### **Desarrollo del trabajo**

Se realizó una revisión de los reportes del Anuario Estadístico de Puebla del censo poblacional (INEGI, 2000) y de Izúcar de Matamoros (INEGI, 1994) sobre estudios relacionados con los factores poblacionales, epidemiológicos y meteorológicos de la zona.

Los datos meteorológicos del período 2001 – 2002 corresponden a los registrados en la estación de la UTIM y fueron suministrados por SEDUE.

Los datos epidemiológicos recogen la ocurrencia de las enfermedades respiratorias, más vinculadas a los contaminantes atmosféricos SO<sub>x</sub> y material particulado, durante el período Enero/00 – Agosto/01 en la cabecera del municipio.

## 1.2 Resultados y discusión

### 1.2.1 Factores Poblacionales

El municipio de Izúcar de Matamoros se ubica geográficamente bajo las siguientes coordenadas extremas: al norte  $18^{\circ} 41^1$ , al sur  $18^{\circ} 20^1$ , al este  $98^{\circ} 17^1$ , y al oeste  $98^{\circ} 34^1$ . Colinda al norte con el municipio de Tilapa, Tepeojuma y Epatlán; al este con Epatlán, Ahuatlán y Tehuiztingo; al sur con Tehuiztingo y Chiautla, y al oeste con Chiautla, Chietla, Atzala y Tilapa.

El municipio de Izúcar de Matamoros tiene una extensión territorial (de  $171 \text{ km}^2$ ), que representa el 1.58 % de la superficie del Estado de Puebla. Posee 15 asentamientos humanos y una población de 66,182 habitante.

Las localidades principales y su ubicación geográfica aparecen en la siguiente tabla.

**TABLA No. 1 LOCALIDADES PRINCIPALES**

Nombre (a)	Latitud Norte Grados Minutos (b)		Longitud Oeste Grados Minutos (b)		Altitud m snm (b)
Izúcar de Matamoros *	18	36	98	28	1280
Ayutla	18	33	98	30	1200
Galarza, La	18	40	98	27	1380
Raboso	18	34	98	26	1240
Matzaco	18	33	98	29	1220
Colucan	18	31	98	29	1240
San Juan Colón	18	35	98	34	1200

\* Cabecera Municipal

NOTA:

Los valores de latitud y longitud están aproximados a minutos y los de altitud a decenas de metros.

m snm:

Metros sobre el nivel del mar.

FUENTE:

(a) INEGI. Puebla. Resultados definitivos, Datos por localidad (Integración Territorial), XI Censo General de Población y Vivienda, 1990.

(b) INEGI. Carta Topográfica, 1:50 000

Los asentamientos humanos ocupan un área total de 39 hectáreas, distribuidas según se relaciona (hasta el 31/12/98):

<b>Total</b>	<b>Habitacional</b>	<b>Equipamiento comercial y servicio</b>	<b>Recreación</b>	<b>Equipamiento industrial</b>
39	10	15	4	10

La situación demográfica en el municipio al cierre del año 2000 era la siguiente:

**Población del municipio y tasa de crecimiento promedio anual**

1990	%	1995	%	1990-1995
total				%
62894	1.52	66182	1.43	0.91

De 1990 al 2000 la población creció 7 638 habitantes en 10 años, según se aprecia en la tabla siguiente, siendo mayor el incremento en la población femenina, lo que está relacionado con el incremento de la migración de la población masculina.

**Población del municipio hombres y mujeres.**

Año	Hombres	Mujeres	Total
1990	29804	33090	62 894
2000	33183	37349	70 532

La población de hombres representa el 47% del total y las mujeres el 53% restante.

Para el resto de los asentamientos poblacionales en la región se tiene el comportamiento siguiente.

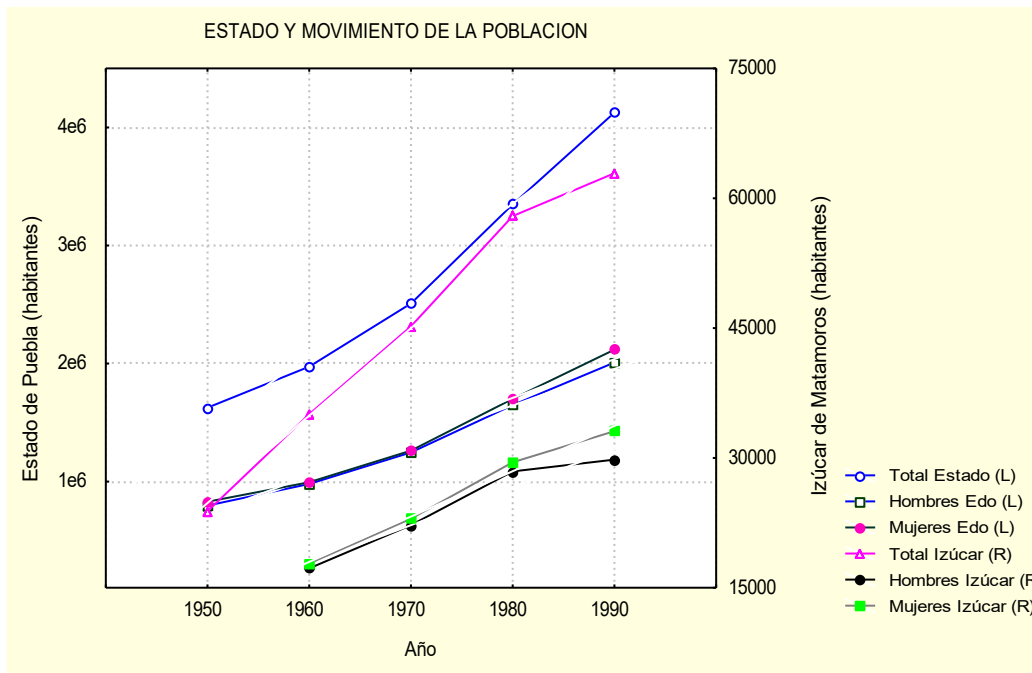
**TABLA No. 2 POBLACION TOTAL POR SEXO SEGÚN PRINCIPALES LOCALIDADES (al 12 de Marzo de 1990).**

LOCALIDAD	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
<b>ESTADO</b>	4 126 101	2 008 531	2 117 570
<b>MUNICIPIO</b>	62 894	29 804	33 090
IZUCAR DE MATAMOROS	32 559	15 467	17 092
AYUTLA	6 304	2 877	3 427
LA GALARZA	4 005	1 917	2 088
RABOSO	3 600	1 687	1 913
MATZACO	2 569	1 182	1 387
COLUCAN	2 127	998	1 129
SAN JUAN COLON	1 543	744	799
XUCHAPA	1 528	717	811
LAS MINAS	1 291	659	632
PUCTLA	844	385	459
SAN CARLOS	710	331	379
RESTO DE LOCALIDADES	5 814	2 840	2 974

FUENTE: "Puebla, Resultados definitivos. Datos por localidad (Integración territorial). XI Censo General de Población y Vivienda, 1990". INEGI.

El comportamiento del estado y movimiento de la población de 1950-1990 en el municipio comparativamente con el Estado de Puebla se muestra a continuación:

Se puede apreciar como el crecimiento de la población ha disminuido en la región de Izúcar, siendo más significativo este comportamiento para la población masculina.



Por edades, el comportamiento de 1980 a 1990 ha sido muy similar, con predominio de los grupos de edades inferiores a 20 años.

La situación de la vivienda en la región se refleja en la siguiente tabla, donde se observa que un 28 % aún no tenía drenajes en el año 1995.

**Viviendas particulares habitadas por municipio según disponibilidad de servicios en 1995.**

<b>Viviendas habitadas</b>	<b>Agua entubada</b>	<b>Drenaje</b>	<b>Energía eléctrica</b>
13697	12296	9922	13435

Promedio de ocupantes por vivienda al nivel municipal

<b>1990</b>	<b>1995</b>
5.24	4.82

En la tabla siguiente se muestra la situación de la vivienda según su tipo comparada con la del estado. Se aprecia que prácticamente toda la vivienda es particular y en un elevado porcentaje del tipo casa sola, con un comportamiento general similar al del estado.

**TABLA No. 3 VIVIENDAS HABITADAS Y OCUPANTES SEGÚN TIPO DE VIVIENDA (hasta el 12 de MARZO de 1990).**

TIPO	VIVIENDAS HABITADAS	
	ESTADO	MUNICIPIO
<b>TOTAL</b>	775 525	12 003
VIVIENDA PARTICULAR	774 824	12 000
CASA SOLA	632 265	10 448
DEPARTAMENTO EN EDIFICIO CASA EN VECINDAD O CUARTO DE AZOTEA	129 737	1 232
VIVIENDA MOVIL	484	3
REFUGIO	432	38
NO ESPECIFICADO	11 906 a/	279
<b>VIVIENDA COLECTIVA</b>	701	3

a / se incluyen 1 931 viviendas sin información de ocupantes, y una estimación de datos con base en un promedio de tres ocupantes por vivienda.

FUENTE: "Puebla, Resultados Definitivos. XI Censo General de Población y Vivienda, 1990". INEGI.

De acuerdo al material predominante en su construcción, la situación que refleja la siguiente tabla denota que más de la mitad de las viviendas particulares habitadas de la región presentan buen estado constructivo, comportamiento similar al observado para el estado de Puebla, si consideramos simultáneamente los materiales empleados para piso, paredes y techo.

**TABLA No. 4 VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS SEGÚN MATERIAL PREDOMINANTE EN PISOS, PAREDES Y TECHOS (hasta el 12 de MARZO de 1990).**

MATERIAL PREDOMINANTE	ESTADO		MUNICIPIO	
	ABSOLUTOS	RELATIVOS	ABSOLUTOS	RELATIVOS
<b>PISOS</b>	772 461	100.0	11 957	100.0
TIERRA	22 145	28.8	3 391	28.4
CEMENTO O FIRME	345 583	44.7	7 049	59.0
MADERA, MOSAICO U OTROS	200 694	26.0	1 477	12.3
NO ESPECIFICADO	4 039	0.5	40	0.3
<b>PAREDES</b>	772 461	100.0	11 957	100.0
LAMINA DE CARTON	6 170	0.8	99	0.8
CARRIZO, BAMBU O PALMA	17 974	2.3	616	5.1
EMBARRO O BAJAREQUE	7 937	1.0	130	1.1
MADERA	96 694	12.5	152	1.3
LAMINA DE ASBESTO O METALICA	3 100	0.4	47	0.4
ADOBE	119 279	15.4	4 358	36.5
TABIQUE, LADRILLO, BLOCK, PIEDRA O CEMENTO	509 773	66.0	6 440	53.9
OTROS MATERIALES	7 757	1.1	74	0.6
NO ESPECIFICADO	3 777	0.5	41	0.3
<b>TECHOS</b>	772 461	100.0	11 957	100.0
LAMINA DE CARTON	105 993	13.7	1 205	10.1
PALMA, TEJAMANIL O MADERA	30 202	3.9	426	3.6
LAMINA DE ASBESTO O METALICA	122 615	15.9	4 079	34.1
TEJA	121 992	15.8	1 365	11.4
LOSA DE CONCRETO, TABIQUE O LADRILLO	375 261	48.6	4 547	38.0
OTROS MATERIALES	12 251	1.6	296	2.5
NO ESPECIFICADO	4 147	0.5	39	0.3

NOTA: El total de viviendas particulares no incluye los refugios, debido a que no se captaron características en esta clase de vivienda. Asimismo, se excluyen las "Viviendas sin información de Ocupantes".

FUENTE: "Puebla, Resultados Definitivos. XI Censo General de Población y Vivienda, 1990". INEGI.

Aspectos relacionados con los problemas migratorios.

### TASA DE PARTICIPACIÓN DE LA POBLACIÓN Y SALDO NETO MIGRATORIO (%) 1997

Concepto	Población inmigrantes	Población emigrantes	Saldo neto migratorio
Con relación al total del estado	9.07	18.54	9.47
Con relación al total de hombres	8.96	19.14	10.18
Con relación al total de mujeres	9.17	18.00	8.84

Se puede apreciar que existe un elevado flujo migratorio hacia otros lugares, fundamentalmente de hombres (en particular hacia los Estados Unidos de Norteamérica).

La situación laboral de la región refleja el comportamiento siguiente:

#### Personal ocupado

Año 1993	6693
Año 1998	9597

Entre las fuentes fundamentales de empleo en la región destacan la agricultura y la ganadería. Las estadísticas más recientes (INEGI, 2000) clasifican el uso potencial de la tierra en la región como mecanizada continua (A1) y manual estacional (A5). Los principales cultivos y su distribución regional se reflejan a continuación.

**TABLA No. 5 SUPERFICIE SEMBRADA Y COSECHADA EN UN AÑO AGRÍCOLA PARA DISPONIBILIDAD DE AGUA SEGÚN TIPO DE CULTIVO 1998 - 1999 (HECTÁREAS)**

Producto	Total	Siembra riego	Siembra temporal	Total	Cosecha riego	Cosecha temporal	Volumen total (t)
Maíz	79168	8393	70775	79168	8393	70775	115,786
Frijol	2076	1248	828	276	1248	828	2078
Cacahuete	20769	719	20050	20769	719	20050	19681
Sorgo	11213	13	11198	11213	13	11198	39923
Elote	209	209	-----	209	209	-----	2914
Tomate	263	263	-----	263	263	-----	2889
Calabacita	849	842	-----	849	842	-----	8383
Cebolla	1700	1700	-----	1700	1700	-----	35657
Jitomate	25	25	-----	25	25	-----	290
Amaranto	1117	----	1117	1117	-----	1117	1644
Chile verde	48	41	7	48	41	7	386
Cilantro	11	11	----	11	11	----	92
Ejote	557	557	----	557	557	---	92
Alfalfa	149	149	----	149	149	----	11866
Caña de azúcar	10433	10433	----	10433	10433	-----	1287966
Naranja	10	10	-----	10	10	-----	70
Aguacate	96	96	-----	96	96	-----	936
Limón	167	167	-----	167	167	-----	1332
Papaya	237	127	110	237	127	110	4724

La situación de la población ganadera y la producción de carnes en 1999 era la siguiente.

**POBLACIÓN GANADERA (HASTA EL 31/12/1999) (CABEZAS).**

Guajolote	Abejas colmenas	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Equino	Aves
48515	12639	80417	60171	6509	183105	26267	614496

**VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE CARNES EN CANAL (TONELADAS)**

75		2472	945	14	409	211	101
----	--	------	-----	----	-----	-----	-----

El volumen de producción forestal maderable asciende a 488 m<sup>3</sup>.

Para la recreación y esparcimiento de la población (31/12/98) cuenta con:

- 2 parques de juegos infantiles
- 9 jardines vecinales
- 8 centros deportivos
- 1 unidad deportiva
- 1 sala de cine

Del análisis de los factores poblacionales se puede inferir que la actividad de las industrias objeto de estudio muestra una influencia positiva sobre las transformaciones socio económicas y poblacionales en la zona, pues contribuye a garantizar una fuente de empleo estable e importante, y contribuye a disminuir la migración en la región.

### 1.2.2 Factores meteorológicos

El clima en la región de Izúcar de Matamoros se clasifica como cálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media en el 90% de la región. Existen 2 estaciones meteorológicas en la zona, una en de Izúcar de Matamoros y la otra en Hacienda de Raboso. En la actualidad, desde hace 2 años se ha instalado una tercera en la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, que está integrada al sistema (SEDUE) por vía satélite.

El comportamiento histórico de la temperatura media en la región de Izúcar de Matamoros se puede ver en la tabla mostrada a continuación. Se puede apreciar que el mes más caliente es Mayo con una la temperatura media mensual de 25.6 °C, valor superior en casi 3 °C a la temperatura media anual registrada en la estación de Izúcar de Matamoros. En la estación de Hacienda de Raboso se observa un comportamiento similar para este parámetro meteorológico, aunque la temperatura media mensual resulta casi 1 °C inferior, y la temperatura media anual es 0.5 °C menor que en la estación anterior.

**TABLA No. 6 TEMPERATURA MEDIA MENSUAL Y ANUAL EN GRADOS CENTIGRADOS, POR ESTACION METEOROLÓGICA.**

MES	Estación	
	Izúcar de Matamoros	Hacienda de Raboso
Enero	19.7	19.2
Febrero	21.2	19.8
Marzo	23.6	22.2
Abril	25.3	23.6
Mayo	25.6	24.7
Junio	24.5	24.4
Julio	23.5	23.7
Agosto	23.5	24.1
Septiembre	23.1	23.0
Octubre	22.3	22.3
Noviembre	20.7	20.9
Diciembre	19.8	18.3
Anual	22.7	22.2
Años de observación	23	5

FUENTE: INEGI. Carta de Climas, 1:1 000 000.

**TABLA No. 7 PRECIPITACION MENSUAL Y ANUAL PROMEDIO EN MILIMETROS POR ESTACION METEOROLOGICA**

MES	Estación	
	Izúcar de Matamoros	Hacienda de Raboso
Enero	8.6	1.1
Febrero	1.6	0.8
Marzo	1.5	4.2
Abril	15.9	16.7
Mayo	77.3	58.5
Junio	161.0	251.4
Julio	167.2	98.1
Agosto	188.5	161.6
Septiembre	188.2	236.1
Octubre	64.5	69.4
Noviembre	13.6	22.9
Diciembre	3.4	16.2
Anual	891.3	936.9
Años de observación	24	6

FUENTE: INEGI. Carta de Climas, 1:1 000 000.

Las precipitaciones promedio alcanzan sus mayores niveles en Agosto y Septiembre de acuerdo a los registros de la estación meteorológica de Izúcar de Matamoros, mientras en la estación de Hacienda de Raboso se reportan los mayores valores en Junio.

Con relación a los rumbos de vientos predominantes en la región en los dos últimos años, se aprecia en la tabla siguiente que la mayor frecuencia de ocurrencia las tiene los vientos de componentes SW y ENE, de acuerdo a los datos registrados en la estación de la UTIM.

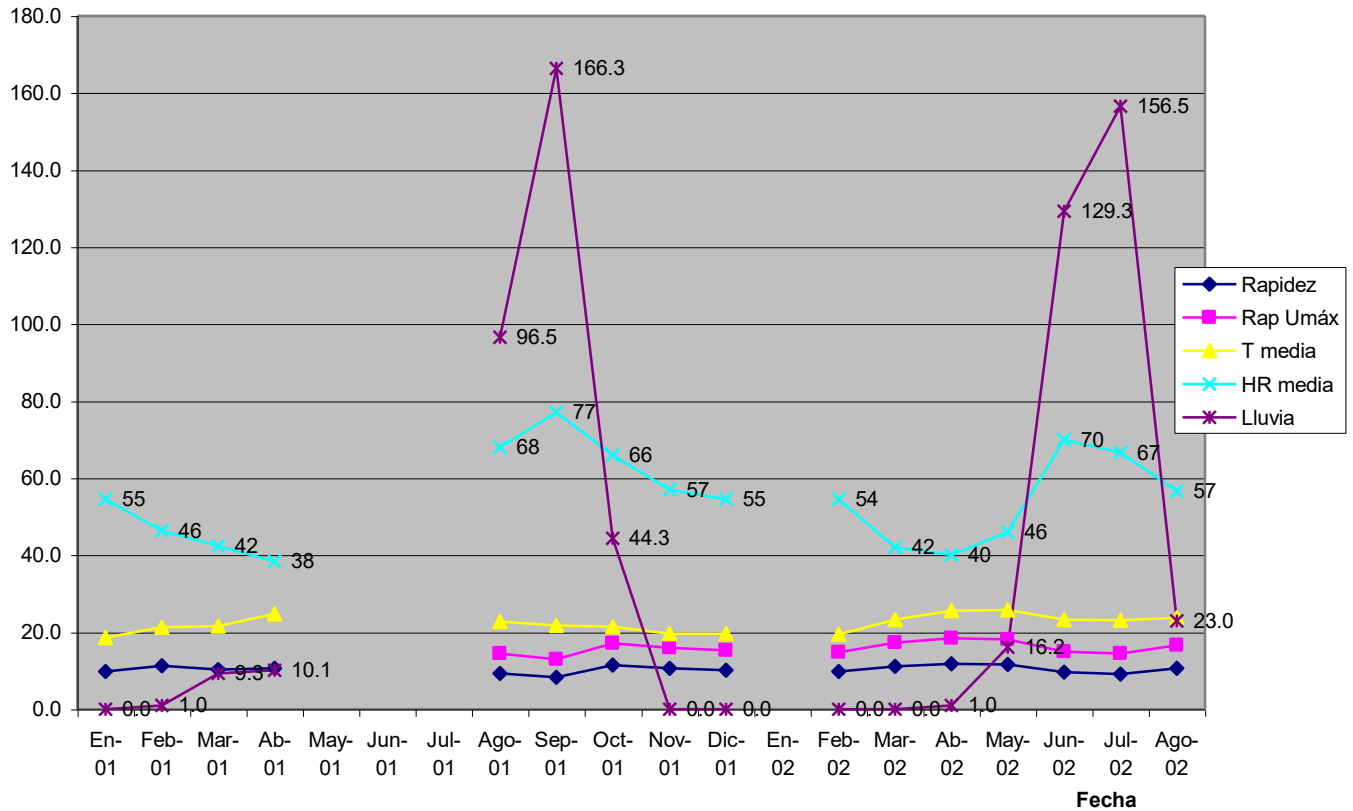
<b>Rumbo</b>	<b>Ocurrencias</b>	<b>FREC %</b>
N	3268	5.21
NNE	2226	3.55
NE	3173	5.06
ENE	5901	9.41
E	4907	7.82
ESE	3777	6.02
SE	3321	5.29
SSE	3051	4.86
S	3080	4.91
SSW	3743	5.97
SW	6168	9.83
WSW	5332	8.50
W	3230	5.15
WNW	5521	8.80
NW	2785	4.44
NNW	3251	5.18
Calmas	8	0.01

Para otras variables meteorológicas de interés, en la tabla siguiente se reportan los valores promedios obtenidos en los dos últimos años, donde sólo se aprecia variación significativa para la lluvia, la cual incrementó en 9 mm su promedio mensual durante el año 2002 con relación al anterior.

<b>Año</b>	<b>Rapidez Km/h</b>	<b>T media °C</b>	<b>HR media %</b>	<b>Pb media mbar</b>	<b>Lluvia mm</b>
<b>2001</b>	10.2	21.3	56	870	36
<b>2002</b>	10.6	23.5	54	870	47

El comportamiento mensual de las principales variables meteorológicas en la región en los dos últimos años se muestra de forma gráfica en la figura siguiente, de acuerdo a los datos registrados en la estación de la UTIM.

## Marcha mensual de los elementos meteorológicos. Izúcar de Matamoros



**Fig. No. 1**

Geográficamente, la región de Izúcar se encuentra en una zona de gran importancia económica, con la presencia de industrias de primera línea en el estado como son: la azucarera, la de formulación de plaguicidas y las caleras; es así mismo zona de importancia en la producción de alcohol con un complejo agroindustrial en su territorio.

Son estas industrias, más la presencia de núcleos poblacionales como los de Izúcar, Atencingo, La Galarza, los posibles focos de contaminación de mayor y variada importancia en la región, y sobre los cuales es necesario realizar un estudio de impacto.

Las actividades industriales de la región son representadas por la Bacardí (destilería), la Maquiladora de Polvos S. A. de C. V. (Dragón), el complejo agroindustrial de Atencingo y las caleras. Desde el punto de vista natural, en la región se presentan como focos de contaminación la cantera. Estas actividades, junto a los centros poblacionales presupone la presencia de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos en la región que se depositan, acumulan o se encuentran en suspensión en el aire, la tierra o las aguas, subterráneas o no.

Dentro de los contaminantes que pueden ser encontrados en el aire están los del tipo gaseoso ( $CO_x$ ,  $SO_x$ ,  $NO_x$ ), partículas en suspensión en forma de polvo, aerosoles, etc. Son estos contaminantes los que por sus características (poco peso, tamaño) pueden abarcar una mayor extensión territorial, debido a la acción de los vientos en la región.

En el caso de los contaminantes que se depositan en la tierra o en las aguas, pueden ser líquidos y sólidos. De forma general la descarga de estos contaminantes es más localizada o puntual, siendo la población menos sensible a la misma, no así el entorno, que sufre grandes transformaciones por la presencia de estos residuales. La naturaleza de la descarga de estos contaminantes es variada, constituida tanto por compuestos orgánicos como inorgánicos; dentro de ellos se incluyen tanto los residuales provenientes de los procesos industriales como de las instalaciones sanitarias, así como aquellos que se originan de la actividad diaria en los centros poblacionales.

El análisis de los factores meteorológicos indica una alta incidencia de las emisiones de las caleras sobre las zonas habitadas donde se localizan las mismas.

### 1.2.3 Factores epidemiológicos

Actualmente el municipio de Izúcar cuenta con 1 hospital, 1 clínica pública y 5 clínicas particulares, todos localizados en la cabecera del municipio.. La cobertura del médico de la familia en el municipio es de 62 médicos para los 50 consultorios. Está en fase final un hospital de 40 camas, con sala de niños y una de cuidados intensivos.

Unidades medicas en servicio de instituciones publicas de salud	16
Casas de salud	23

Las tasas de natalidad y mortalidad por mil (INEGI, 1990) se reflejan a continuación, observándose una elevada mortalidad infantil.

- Tasa de natalidad: 36.3
- Tasa de mortalidad general: 6.9
- Tasa de mortalidad infantil: 35.1

En 1998 nacieron en el municipio 3 226 niños con 38 defunciones, para una tasa de 11.8 x 1000 nacidos vivos, lo que refleja una mejoría en este indicador. La tasa de mortalidad general en 1998 fue de 5.8 x 1000 habitantes con 411 fallecidos. La esperanza de vida para hombres es de (75) años y para las mujeres es de (65) años.

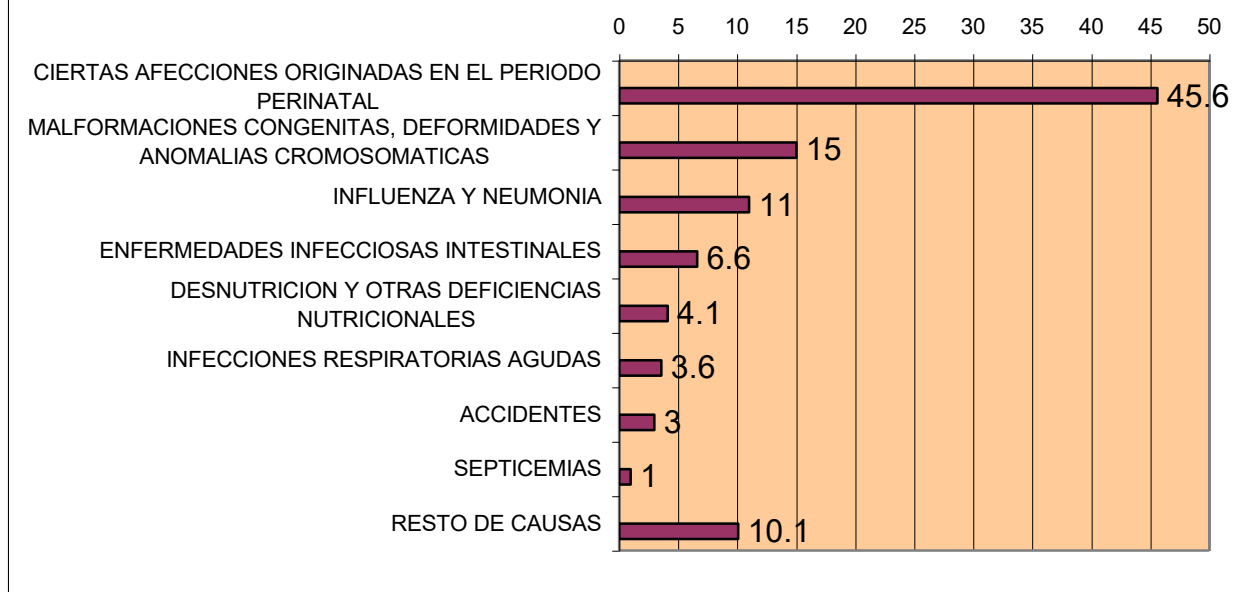
### Natalidad y mortalidad por sexo según municipio de residencia habitual de la madre (INEGI 1998)

	<b>Total</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
<b>Nacimientos</b>	3226	1108	1118
<b>Defunciones</b>	411	218	193
<b>Defunciones menores del año</b>	38	22	16

El comportamiento de las defunciones de menores de un año según las principales causas de muerte en 1998 en el estado mostraba lo siguiente:

En el cuadro epidemiológico de 1998 resaltan las afecciones originadas en el período perinatal, malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosomáticas. Las enfermedades respiratorias y las enfermedades diarreicas agudas son las predominantes después del período perinatal.

## DEFUNCIONES DE MENORES DE UN AÑO SEGUN PRINCIPALES CAUSAS DE MUERTE (%)



**Fig. No.2**

La valoración del estado de la salud pública no es buena. Se plantea por el gobierno local la necesidad de elevar la calidad de los servicios.

El municipio de Izúcar de Matamoros se encuentra enmarcado en la región hidrológica de Balsas, en la cuenca del Río Atoyac y las subcuencas hidrológicas Atoyac - Tehuitzingo y Nexapa.

### REGIONES, CUENCAS Y SUBCUENCAS HIDROLOGICAS

REGION		CUENCA		SUBCUENCA		% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL
Clave	Nombre	Clave	Nombre	Clave	Nombre	
RH 18	Balsas	A	R. Atoyac	a	R.Atoyac - Tehuitzingo	46.10
				e	R.Nexapa	53.90

FUENTE: INEGI. Carta Hidrológica Aguas Superficiales, 1:250 000.

El suministro de agua es deficiente en los asentamientos del municipio, existiendo varios lugares habitados rurales sin acueducto por lo que reciben el agua por pipas. El alcantarillado sólo existe en las zonas de desarrollo de la cabecera municipal, en algunos otros núcleos urbanos y en las comunidades, teniendo el resto de las viviendas como solución las fosas sépticas.

### FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (1999)

Total	Pozo profundo	Manantial	Otras	Volumen promedio diario, m <sup>3</sup> /d
30	15	12	3	20 730

No existen plantas de tratamiento de aguas residuales en la región. Los residuos sólidos urbanos se disponen por el método de relleno sanitario en un basurero municipal.

Sistema de drenaje y alcantarillado	16
Localidades con el servicio	15

El estado del alcantarillado es de mala calidad en la totalidad de la región (sólo posee alcantarillado el casco urbano), sólo un 48 % de las viviendas particulares habitadas disponen de drenaje (INEGI, 1990).

Los terrenos y aguas se contaminan fundamentalmente por los residuales líquidos y sólidos que se vierten, como consecuencia tanto de la actividad industrial como diaria de las poblaciones. La situación sanitaria del entorno se ve afectada por la presencia de mini basureros no autorizados, depósitos de materiales, etc. Los basureros incontrolados son lugares donde se arrojan residuos sin tener en cuenta la existencia de condiciones que garanticen su estanqueidad, ocurriendo la contaminación debido al lixiviado que se produce cuando el agua entra en contacto con los residuos; esto puede ocurrir mediante el lavado del suelo contaminado por la percolación de la precipitación o por una subida del nivel freático que pone al acuífero en contacto directo con el basurero, facilitándose el proceso cuando los suelos son permeables.

En lo referente a los contaminantes sólidos, estos en su mayoría no reúnen los requisitos sanitarios establecidos y son originados fundamentalmente por el centro poblacional.

### 1.3 Conclusiones

1. Del análisis de los factores poblacionales se puede inferir que la actividad de las industrias objeto de estudio muestra una influencia positiva sobre las transformaciones socio económicas y poblacionales en la zona, pues contribuye a garantizar una fuente de empleo estable e importante, y contribuye a disminuir la migración en la región. La principal actividad productiva de la región es la agroindustria azucarera con poco desarrollo de otras industrias, existiendo un número considerable de personas dedicadas al comercio y los servicios.
2. El análisis de los factores epidemiológicos denota que las enfermedades respiratorias agudas tienen una incidencia elevada en la zona, lo cual puede estar asociado tanto a las emisiones originadas por la quema de caña como por las emisiones de polvos suspendidos y sedimentables que originan la combustión de bagazo en el Ingenio de Atencingo y las caleras. Los terrenos y aguas se contaminan fundamentalmente por los residuales líquidos y sólidos que se vierten, como consecuencia tanto de la actividad industrial como diaria de las poblaciones.
3. El estado que presenta el comportamiento migratorio de sexo masculino puede ser una influencia que repercuta en el estado socio económico de la región por la falta de personas para trabajar.
4. El análisis de los factores meteorológicos indica una alta incidencia de las emisiones de las caleras sobre las zonas habitadas donde se localizan las mismas.

#### **1.4 Bibliografía.**

1. Alconsult. Management of effluent waters in the petroleum industry. 1998.
2. INEGI. Izúcar de Matamoros, Estado de Puebla. Cuaderno Estadístico Municipal. Puebla, 1994.
3. INEGI. Anuario Estadístico de Puebla. Tomo I. Puebla, 2000.
4. Scheibner, A.R. et al. Guía para la conducción de auditorías ambientales para operaciones de la industria petrolera. ARPEL, Calgary, 1993.
5. UNEP. Industry compliance for sustained environmental protection. Industry and Environment 19 (1): 3-33, 1996.
6. Vignacq, H. La contaminación del suelo. DYNA No. 9: 9-13, 1990.
7. Wagner, T. Contaminación, causas y efectos. 423 p. Ed. Gernika, México D.F., 1996.
8. Wallace, T. Taller sobre tratamiento y disposición de residuales de perforación durante la exploración - producción en la industria petrolera. ARPEL-CUPET, La Habana, 1996.

# MONITOREO DE COMPUESTOS ORGÁNICOS TÓXICOS Y METALES PESADOS EN EL ECOSISTEMA ASOCIADO A LA CUENCA DEL RÍO NEXAPA.

## ETAPA II

### 2.1. INTRODUCCION

La contaminación del suelo representa uno de los aspectos de alteración del medio ambiente debida en gran parte al hombre y no debe ser desestimado, pues la función del suelo no es sólo proveer directa o indirectamente la nutrición a miles de millones de personas que habitan en nuestro planeta, sino que también es un factor determinante de los equilibrios que implican a toda la biosfera (Vignacq, 1990).

Los programas efectivos de monitoreo pueden identificar los problemas antes de que se conviertan en motivo importante de preocupación en materia de medio ambiente.

Entre los contaminantes fundamentales que aparecen en los sedimentos y suelos se encuentran los compuestos orgánicos tóxicos y los metales pesados (Cr, Cu, Cd, Pb, Zn), cuyos niveles se requieren controlar. En las aguas aparecen como contaminantes los compuestos orgánicos tóxicos, sólidos disueltos, materia en suspensión, metales pesados, demanda química de oxígeno (DQO) y otros. La determinación de estos parámetros posibilita establecer los métodos de tratamiento y/o disposición para las aguas residuales (Alconsult, 1998).

Las principales actividades industriales en la región de Izúcar de Matamoros la constituyen la empresa Maquiladora de Polvos S.A. de C.V. (fábrica de formulación de plaguicidas), el Ingenio de Atencingo S.A. de C.V., la destilería Bacardí, 2 caleras, una ubicada en Rancho Juanito y la otra en San Martín de Alchichica, la Mezcladora de fertilizantes (Guanos y Fertilizantes S.A. de C.V.) en la carretera a Cuautla, y la planta Moposa de producción de polvos para pega azulejos, para preparación de alimento animal y para manufactura de hules, ubicada en La Magdalena.

La fábrica de formulación de plaguicidas origina aguas residuales en el lavado de equipos y limpieza de pisos, que recogen en colectores ecológicos y para las cuales se está construyendo un sistema de tratamiento físico - químico con vistas a reciclar en limpieza, las aguas de lavandería, regaderas, comedor, oficinas, sanitarios y laboratorio que van a una planta de tratamiento de lodo activado con aireación, adición de polielectrolito y filtro de carbón activado, y las aguas pluviales que no reciben tratamiento alguno. El efluente tratado se vierte al subsuelo y es regulado de acuerdo a la norma mexicana NOM-001-ECOL-1996 tipo A (vertimiento en aguas subterráneas). Los lodos se envían a un lecho de secado y el residuo seco que se origina se somete a un proceso de compost antes de su disposición final.

La fábrica origina emisiones de partículas en el procesamiento de carbonato de calcio y caolín, donde tiene instalado un sistema de ciclón y filtros de mangas que opera con baja eficiencia, y en la fabricación de insecticida en polvo que posee un colector. Otros contaminantes gaseosos se originan en el proceso de formulación producto de los ingredientes activos y solventes utilizados, y gases de combustión de GLP utilizados en el cuarto caliente. Los residuos peligrosos generados lo constituyen los envases contaminados y la basura industrial, los que se extraen periódicamente de la fábrica para su disposición segura.

El Ingenio de Atencingo origina aguas residuales en el lavado de equipos y limpieza de pisos que van a una planta de tratamiento que consta de un sedimentador circular y dos separadores agua/ aceite que trabajan en paralelo. El efluente tratado se vierte a un río, el cual se ve seriamente afectado por estas

descargas (oxígeno disuelto 0, color de las aguas azuloso, DBO elevadísima). Estas aguas del río son derivadas por el canal de Lagunillas para irrigación de suelos cultivados y esto también lo afecta porque lo dejan sin corriente muchos meses del año (estación de seca). Las emisiones gaseosas las originan 4 calderas que queman bagazo (2 de las cuales poseen control de partículas), lo que origina emisiones de partículas suspendidas de bagacillo que no llegan a alcanzar la combustión y pueden afectar a la comunidad poblacional de la zona por su deposición seca.

La quema de caña antes de la cosecha es una práctica agrícola generalizada en todo el país que se realiza desde hace varias décadas, causando impactos ambientales negativos sobre las poblaciones asentadas alrededor de las áreas que tienen mayor influencia de este cultivo. En algunos países se ha encontrado que la contaminación atmosférica producida por esta actividad agrícola, es la causa de enfermedades específicas que muchas veces agravan las afecciones respiratorias o cardíacas preexistentes pudiendo provocar la muerte. En Puebla se producen aproximadamente **1,379,743** toneladas de caña de azúcar a la semana, 3.3 % del total de la nación (SAGARPA. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 2000*. México, 2002), siendo la zona de Izúcar de Matamoros el principal productor con 13 mil hectáreas, para una producción anual de un millón 367 mil toneladas de caña de azúcar. Se sabe que un aporte grande y de alto grado de deterioro del aire proviene del sector azucarero por la generalización a partir de la década del 70 de la quema del follaje de la caña de azúcar, como método para facilitar su recolección e implementar unos costos inferiores en mano de obra en el momento del corte. Este manejo genera un impacto ambiental negativo, al emitir una gran cantidad de partículas en suspensión. El impacto que puede producir la emisión de partículas por quema de caña en la calidad del aire depende de las características geográficas y temporales de la región.

### QUEMA DE CAÑA



Figura No. 3 Quema de caña en Izúcar de Matamoros.

La destilería Bacardí origina aguas residuales con elevado contenido de materia orgánica, producto de la vinaza generada en la fermentación alcohólica. Este residuo es altamente contaminante debido a sus requerimientos químicos y biológicos altos de oxígeno. El efluente se vierte a un canal que se utiliza para irrigación de suelos cultivados. Las emisiones gaseosas las originan las calderas. **OJO LOS OLORES**

Las caleras y la planta Moposa originan emisiones de partículas por chimeneas al aire ambiente en los procesos de trituración, molinado y tamizado de caliza, que pueden afectar a la comunidad poblacional de la zona donde se ubican por su deposición seca. La planta Moposa posee un sistema de depuración de polvos constituido por filtro de mangas y ciclón, reciclando los polvos colectados en los mismos. La Mezcladora de fertilizantes origina emisiones de partículas al aire ambiente por la manipulación de productos pulverizados.

El objetivo fundamental de este estudio ha sido la caracterización geoquímica del medio ambiente en la región de Izúcar de Matamoros, con vistas a evaluar el impacto ambiental originado por la actividad industrial sobre ecosistemas asociados con actividades de interés socio-económico y brindar soluciones tecnológicas para preservar el medio ambiente, lo cual comprende los objetivos específicos:

- Determinar los niveles básicos de compuestos orgánicos tóxicos y metales pesados en suelos de los ecosistemas seleccionados.
- Caracterizar los efluentes líquidos descargados a estos ecosistemas por las industrias y evaluar la eficiencia de los sistemas de tratamiento existentes.
- Caracterizar emisiones estacionarias de contaminantes atmosféricos por las industrias y establecer su impacto sobre zonas aledañas.

## **2.2 Geoquímica del medio ambiente.**

La geoquímica del medio ambiente se orienta a determinar cuales son las anomalías generadas por la actividad del hombre, para lo cual indica cómo está constituido el ambiente natural, evalúa el grado de modificaciones que sufre el medio por los distintos contaminantes y estima los factores de recuperación y los recursos para lograrlos (Green Oil, 1995).

En un proceso normal, la materia prima se procesa con la ayuda de materiales auxiliares (vapor, agua, aditivos, etc) para obtener los productos. Una pequeña fracción de la materia prima y los materiales auxiliares consumidos o degradados, incluyendo el agua, pasan a formar parte de la corriente residual (Goldblatt y col., 1993).

La concentración de una sustancia medida en un sistema viviente o no, es el resultado de su distribución entre los compartimientos medioambientales (aire, agua, sedimentos y biota) y la transferencia entre ellos es regulada por fuerzas físicas y por las propiedades químicas de la sustancia y de los compartimientos (Duursma y Carroll, 1996).

El incremento constante de la contaminación causada por las sustancias inorgánicas y orgánicas introducidas por el hombre, requiere de un monitoreo global permanente de los contaminantes potenciales y de la observación de los efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas (Lieth y Markert, 1990). Para esto, se deben implementar sistemas de manejo ambiental internos en las actividades productivas con sus correspondientes esquemas de reportes y auditorias (Scheibner, A.R. et al., 1997).

Los mecanismos de acción de los contaminantes presentes en las aguas con relación a las plantas pueden reducirse a dos modelos genéricos: uno caracterizado por la relación directa entre el

contaminante y la planta, y el otro, en el que interviene el suelo (Vignacq, 1990) (Millet y Zaffino, 1995).

La relación directa contaminante/ planta puede darse por la acción fitotóxica verdadera del contaminante absorbido en las hojas por riego, derrame o inmersión, o cuando el contaminante no cala profundamente en el suelo y no es fijado por los coloides, sino que pasa en la solución del suelo influyendo negativamente en la absorción del agua y de elementos nutritivos por la planta. Los mecanismos indirectos a través de la mediación del terreno son más complejos y a menudo difíciles de identificar dada la extrema complejidad y complementariedad de los equilibrios físico - químicos que caracterizan al suelo.

El término suelos contaminados engloba no sólo la contaminación de éstos, sino de los sedimentos y rocas de la superficie y el subsuelo, el agua subterránea (acuíferos) y en algunas definiciones la contaminación de masas de aguas superficiales, ya que este concepto se refiere realmente a la contaminación del medio natural procedente de actividades antropogénicas asociadas a la producción en general (Damanti, 1995).

La contaminación por hidrocarburos tiene un pronunciado efecto sobre las propiedades microbiológicas, físicas y químicas de un suelo, pudiendo impedir o retardar el crecimiento de la vegetación sobre el área contaminada (Luque y col., 1995) (Lieth y Markert, 1990).

Los hidrocarburos aromáticos, en especial los policíclicos, son los que presentan mayor toxicidad dentro de los componentes del petróleo mineral (Calamari y col., 1991). Muchos de ellos son poco volátiles y metabolizan con dificultad, contrariamente a los alcanos de cadena corta y a los n - alquilaromáticos (C<sub>10</sub> - C<sub>20</sub>) que resultan los menos tóxicos y los más degradables (Ordóñez, 1996) (Navarro y col., 1988)

Cuando los hidrocarburos de origen petrolífero entran en el medio ambiente, una variedad de microorganismos participan en su biodegradación. En los suelos, las bacterias son las degradadoras predominantes seguidas por los hongos. En la descomposición de hidrocarburos en agua fresca, participan tanto bacterias como hongos, levaduras y moho. Existen más de 25 géneros de bacterias y hongos que degradan hidrocarburos (UNEP, 1992) (Leahy y Colwell, 1990). La degradación microbiana del petróleo en los trópicos ocurre más rápido que en ambientes árticos y atemperados, aunque se conoce poco de la descomposición en zona anaeróbica o cuando hay limitación severa de nutrientes.

No existen métodos fáciles para evaluar con precisión la salinidad de un suelo, por lo que es necesario ser cautelosos al emitir un criterio, ya que hay muchos factores involucrados como son: la especie, la variedad que se cultiva, contenido y tipo de arcilla del suelo, permeabilidad, tipos de aniones y cationes absorbidos y en solución, agrotecnia, condiciones de humedad, medición de la salinidad y drenaje.

La salinidad tiene un efecto depresivo sobre los cultivos, llegando a reducir casi por completo su crecimiento, disminuyendo considerablemente la cantidad de agua que las plantas pueden utilizar del suelo, por lo que aún a niveles apreciables de contenido de humedad, la planta sufre por sequía (Ray y Engelhardt, 1992).

En el monitoreo y evaluación de la contaminación del aire, el suelo y el agua existen tres etapas fundamentales que permiten efectuar un estudio integral de la situación:

- evaluación del problema y, adecuación del muestreo y de la estrategia analítica a cada caso particular;
- ejecución del análisis y obtención de resultados;
- interpretación de los resultados en el marco de la dinámica ambiental para definir la anomalía geoquímica.

### **2.3 Procedimientos de monitoreo ambiental.**

Para diseñar un programa de muestreo es muy importante establecer los objetivos, los cuales constituyen los factores principales en la determinación de la localización de los sitios de muestreo, la frecuencia, la duración, los procedimientos para la toma de muestra y el tratamiento posterior de la misma, así como los requerimientos analíticos (Markert, 1994) (ISO 5667/1, 1994).

Los principales objetivos se definen en tres tipos de programas que se resumen en: control de calidad, caracterización de la calidad e identificación de fuentes de contaminación.

Los programas de control de la calidad incluyen el control de la concentración de una o más determinaciones dentro de límites definidos y los resultados se requieren para decidir si es necesaria una acción inmediata. La frecuencia de muestreo se selecciona atendiendo a dos factores: la magnitud y duración, y las probabilidades de ocurrencia de las desviaciones de las condiciones deseadas (Rudolph et al., 1997).

Los programas de caracterización de la calidad aspiran a estimar uno o más parámetros que caracterizan la concentración o su variabilidad durante un período definido o ambas. Los resultados pueden requerirse como parte de una búsqueda para una investigación, para la caracterización de contaminantes que no necesitan ser controlados normalmente, o para propósitos de control a largo plazo (Slater, 1996).

Los programas para la investigación de causas de contaminación se deben diseñar para determinar las características de descargas contaminantes de origen desconocido. Generalmente se basan en el conocimiento de la naturaleza de los contaminantes, y la coincidencia de la periodicidad de la aparición de la contaminación y el muestreo. En contraposición con los programas anteriores, el muestreo requiere ser efectuado con una frecuencia bastante elevada en relación con la frecuencia de aparición de la contaminación.

Los períodos y frecuencias de muestreo en cualquier programa deben ser propiamente decididos después de un trabajo preliminar detallado, en el cual es necesaria una frecuencia elevada de muestreo para obtener la información a la cual deberán aplicarse las técnicas estadísticas. Si sólo interesa la calidad promedio durante un período, y se conoce que el contaminante es estable, para la duración de la toma de muestra puede ser útil que sea larga y preferiblemente la misma del período de interés. El fundamento es similar a la preparación de muestras compósitos (ISO 5667/2, 1994) y ambas aproximaciones reducen el trabajo analítico a expensas del conocimiento de las variaciones de calidad.

Las aguas, particularmente las superficiales y en general todas las aguas residuales, son susceptibles de ser cambiadas en diferentes extensiones como resultado de reacciones físicas, químicas o biológicas que pueden ocurrir entre el tiempo del muestreo y los análisis (Lieth y Markert, 1990).

La naturaleza y velocidad de esas reacciones es a menudo tal que, si no se toman las precauciones previas y durante el transporte, las concentraciones determinadas serán diferentes de aquellas al tiempo del muestreo (San Martín S.A., 1993).

Las causas de variaciones pueden ser numerosas, entre las que se relacionan:

- consumo de ciertos constituyentes de la muestra por bacterias, algas y otros organismos,
- oxidación de algunos componentes por el oxígeno (disuelto en la muestra o atmosférico),
- precipitación química ó pérdidas en fase vapor,
- modificaciones del pH, la conductividad y el contenido de otros elementos por la absorción de CO<sub>2</sub> del aire,
- adsorción irreversible de metales disueltos o en estado coloidal en la superficie de envases o de materiales sólidos contenidos en la muestra.

Para el muestreo de los residuales líquidos, uno de los métodos recomendados (Wallace, 1996) (ARPEL, 1997) consiste en dividir la piscina en un número determinado de áreas, tomar de cada una y mezclar para obtener una muestra representativa. Para mayor exactitud se subdivide en profundidades y se toman de 12-15 submuestras para el mezclado.

El muestreo de residuales líquidos se puede efectuar de forma manual o automática (ISO 5667/10, 1994). El equipamiento más simple para el muestreo manual consiste de un recipiente de boca ancha montado en un brazo de longitud adecuada, con un volumen no menor de 100 ml. Las muestras puntuales pueden ser tomadas también con un muestreador Ruttner o Kemmerer, consistente en un tubo de 1-3 litros de capacidad con un cierre de bisagra a cada extremo del tubo, u otros que operen por el mismo principio.

Para el muestreo automático se han desarrollado numerosos aditamentos portátiles comerciales que permiten la toma de muestras de forma continua. Dos tipos de muestras pueden ser obtenidas de forma automática, las llamadas proporcionales en el tiempo ó las proporcionales con el flujo.

En el muestreo de sedimentos (ISO 5667/12, 1995) se distinguen tres tipos de investigaciones: químicas (se determina la estructura, cantidad y naturaleza de las sustancias unidas al sedimento), físicas (se determina la textura y formación de la capa del lecho acuífero) y biológicas (incluye la clasificación de especies y número de componentes de la flora y fauna en el lecho de sedimentos).

Los equipos utilizados pueden ser sistemas de dragado, nucleadores ó muestreadores operados mecánicamente, y su empleo está determinado por el tipo de sedimento (grava, arena, barro, turba, sedimentos endurecido y no endurecido).

El punto de muestreo depende en gran medida de las condiciones geofísicas del área del lecho. En el muestreo sistemático de sedimentos, un aspecto fundamental es asegurar que la frecuencia de muestreo no coincida con la presencia de un ciclo natural en el sistema, por ejemplo una variación estacional (Markert, 1994).

El muestreo representativo de suelo asegura que la muestra o grupos de muestras reflejan con exactitud en un tiempo dado la concentración de los componentes a determinar. Adicionalmente, una muestra representativa de suelo debe ser de un tamaño adecuado para cumplir con los requerimientos analíticos y suministrar muestras representativas de la población que va a ser evaluada (ARPEL, 1997).

La heterogeneidad del muestreo causa problemas frecuentes en el suelo y en otras matrices ambientales, las inexactitudes asociadas con la representatividad y las dudas, muchas veces exceden la recolección inherente y la incertidumbre en el análisis. La variabilidad surge de la heterogeneidad de los suelos y el tamaño de la distribución de las poblaciones de muestreo, por lo que el tamaño de muestras para ensayos debe ser lo más grande posible.

Para la recolección de muestras de suelos existen diferentes métodos (ARPEL, 1997) (CCME, 1993), en dependencia de la profundidad y de las características del suelo muestreado. El muestreo superficial se aplica para suelo suave en derrames recientes y con tasas de migración baja (arcillas), se realiza a una profundidad de 0 – 15 cm empleando palas, cucharas o plantador tulipán, resulta económico, son fáciles de usar y descontaminar, presentando como desventaja la dificultad para su uso en suelo pedregoso, seco o arenoso.

El método de pozo de ensayo utiliza un retroexcavador y la profundidad alcanza de 0 – 5 m, en dependencia de las características particulares del área, se aplica en contaminaciones poco profunda y en relleno heterogéneo.

El método de muestras de perforación utiliza una perforadora de taladro con barrena, se extiende hasta el manto freático o por lo menos 1.5 m por debajo de la base de la contaminación, las muestras presentan variabilidad geológica por lo que se deben tomar cada 1.5 m y cuando ocurren cambios litológicos. Se aplica en contaminaciones profundas, derrames dispersos, previene la contaminación cruzada y resulta el mejor método para identificar contaminantes volátiles. Este método es muy útil para suelos duros.

Las áreas de muestreo se seleccionan utilizando una variedad de métodos (ARPEL, 1997) en dependencia de las condiciones de contaminación y del sitio, siendo los principales el muestreo exploratorio, el muestreo sencillo y al azar, el muestreo estratigráfico al azar y el muestreo sistemático o de red.

## **2.4 Análisis de contaminantes.**

En los estudios de geoquímica ambiental son ampliamente utilizadas las técnicas de análisis clásicos (volumetría, gravimetría) e instrumental (requieren equipos especiales) para la determinación de los contaminantes fundamentales (Markert, 1996). Los análisis clásicos son muy exactos y no requieren de equipamiento especial, con el inconveniente de que las determinaciones son tediosas y consumen mucho tiempo (Curci, 1995). Entre las técnicas instrumentales más difundidas para el análisis de contaminantes aparecen la colorimetría, la espectroscopía infrarroja (IR) y la absorción atómica.

Las técnicas calorimétricas, pese a que muchas de ellas cuentan con muchos años de uso, siguen siendo muy utilizadas fundamentalmente para constituyentes inorgánicos que dan coloración en la zona visible del espectro, aunque también se aplican para determinar compuestos orgánicos en la zona del ultravioleta (UV). Los métodos espectrofotométricos poseen algunas limitaciones específicas, pero son muy útiles una vez que se eliminan los problemas de interferencias.

La absorción atómica es una técnica muy utilizada para medir metales en sistemas acuosos y no acuosos que permite determinar gran cantidad de constituyentes sin necesidad de pretratamiento. La operación instrumental es simple y rápida, y presenta poca interferencia con relación a las técnicas colorimétricas. La utilización de llamas de óxido nitroso /acetileno permite determinar elementos que forman óxidos refractarios.

La espectroscopía infrarroja es empleada para determinar grupos funcionales orgánicos y prácticamente toda materia orgánica puede ser separada y caracterizada luego de una preparación adecuada de la muestra. La energía de muchas vibraciones moleculares corresponde con la región IR del espectro electromagnético, y el hecho de que muchos grupos funcionales puedan ser identificados por sus frecuencias de vibración característica hace de esta técnica el medio más simple, rápido y a menudo el más seguro para identificar el tipo de compuesto. Uno de los parámetros fundamentales determinado con esta técnica es el porcentaje de carbono aromático, pues aunque se conoce que la técnica RMN -  $C^{13}$  brinda mayor exactitud, por ser menos asequible se emplea la primera y se correlaciona con esta última (Markert, 1996) (Navarro y col., 1990).

La cromatografía gaseosa también es utilizada en este tipo de estudio y resulta ser uno de los métodos físicos de separación más eficaces que se conocen, permite identificar los componentes de una mezcla por la posición de los picos y a pesar de los inconvenientes que presenta, en combinación con otras técnicas es un instrumento eficaz para determinar la composición cualitativa de mezclas complejas de compuestos.

El desarrollo actual de los métodos analíticos y en específico de la Química Analítica de Procesos, ha condicionado la aparición de cromatógrafos de gases, espectrómetros de masa, sensores químicos, espectrofotómetros y otros equipos portátiles o estacionarios para el análisis "in situ" y en flujo continuo de los más diversos contaminantes y parámetros relacionados (Boyd, 1993) (Narayanaswamy, 1993) (Meixner y otros, 1993) (Berkley, 1993) (Arenas y otros, 1993), pero de costos más elevados que los métodos tradicionales, aunque debe tomarse en cuenta el rápido desarrollo que han experimentado en años recientes.

Es necesario considerar además el impacto que en esto tiene la aplicación de los métodos de la Inteligencia Artificial y el análisis estadístico multivariado con el incremento de la efectividad en la reducción y análisis de los datos experimentales, lo que permite incluso sacar más provecho de los equipos de primer orden (Riebe y Eustace, 1990) (Booksh y Kowalsky, 1994) (Feinberg, 1991).

Entre las especies típicas monitoreadas en sistemas de manejo de residuales líquidos se encuentran la demanda química y bioquímica de oxígeno, la materia disuelta y suspendidas, el pH, y de acuerdo al tipo de residual se pueden añadir otros parámetros como hidrocarburos y metales pesados (Rosain, 1993).

Para el manejo de residuos sólidos, unos de los parámetros fundamentales evaluados son los hidrocarburos y los metales pesados, los cuales se determinan mediante el empleo de las mismas técnicas analíticas utilizadas para aguas, con previo tratamiento de las muestras para extraer de la matriz objeto de estudio el contaminante de interés. De forma similar se procede para la determinación de estos contaminantes en las muestras de sedimentos y suelos (Markert, 1996) (Marbán, 1998) (Philp et al., 1996). La preparación de la muestra depende del método de análisis y en general requiere ser clarificada por filtración o centrifugación, para realizar el análisis al extracto clarificado (APHA, 1992).

Los métodos más utilizados para los análisis de aguas, suelos y sedimentos incluyen las técnicas gravimétricas, espectrofotométricas, potenciométricas y cromatográficas (ISO, 1994) (APHA, 1992).

## **2.5 Conclusiones de la revisión bibliográfica.**

Los aspectos más relevantes encontrados en la revisión realizada con respecto al tema de este trabajo se pueden resumir en lo siguiente:

- El estado del arte indica que se requiere de un monitoreo global permanente de los contaminantes potenciales y de la observación de los efectos biológicos adversos sobre los ecosistemas para el estudio de la contaminación.
- El estudio de la contaminación del aire, el suelo y el agua exige efectuar un estudio integral de la situación y la interpretación de los resultados en el marco de la dinámica ambiental para definir la anomalía geoquímica.

## 2.6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.6.1 Aguas

Los puntos seleccionados para el estudio fueron el río Nexapa en San Martín de Alchichica (punto 1) y después del puente de Puctla (punto 2). En la zona de Atencingo se tomaron muestras de agua de riego de los cultivos de caña antes de la represa que deriva las aguas a Lagunilla (punto 3) y efluente del Ingenio en la descarga de la planta de tratamiento (punto 4). En la fábrica de plaguicidas (punto 5), se tomaron muestras del efluente a la entrada y salida de la planta de tratamiento, y en la piscina de lirio acuático, en la cual diluyen el efluente tratado para utilizar estas en riego de áreas verdes de la fábrica. En la fábrica Bacardí se tomaron muestras del efluente de vinaza, en el canal de vertimiento del mismo.

Los puntos de muestreo (agua y suelos), se indican en la tabla No 7, correspondiendo la numeración a la que se indica en el texto. La ubicación de los puntos de muestreo, los cuales fueron georeferenciados con equipo GPS 12, marca GARMIN eTrax.

**Tabla 7. Ubicación de los puntos de muestreo de aguas y suelos**

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Alchichica	1321	N 18°37.828'	W 98°28.143'
Ingenio Atencingo	1083	N 18°30.330'	W 98°36.511'
Bacardí	1371	N 18°39.911'	W 98°27.511'
Dragón	1303	N 18°37.132'	W 98°25.858'
Puctla	1248	N 18°34.058'	W 98°28.346'
Galarza suelo 1 (caña)	1360	N 18°38.705'	W 98°27.920'
Galarza suelo 2 (maíz)	1354	N 18°38.693'	W 98°27.686'
Galarza suelo ref. (sábila)	1361	N 18°38.658'	W 98°27.798'
Atencingo suelo 1	1069	N 18°29.771'	W 98°37.313'
Atencingo suelo 2	1096	N 18°29.635'	W 98°37.567'

Los parámetros a determinar se seleccionaron de acuerdo a las características de los residuales objeto de estudio y a la experiencia internacional (World Bank, 1997).

Los análisis se realizaron por técnicas gravimétricas, potenciométricas, valorimétricas espectrofotométricas, y cromatográficas, según métodos standards (ISO, 1994) (APHA, 1998) (EPA, 1998).

Las muestras de aguas se tomaron con un muestreador de 2.5 litros de capacidad montado en un soporte de longitud adecuada, según método manual normalizado (ISO 5667/10, 1994). Se tomaron muestras puntuales en los puntos seleccionados y se preparó una muestra compósito de cada punto.

Las muestras fueron divididas en submuestras, envasadas en frascos de 1 litro y preservadas de acuerdo al análisis posterior al cual iban a ser sometidas, según metodologías establecidas (ISO 5667/2, 1994) (ISO 5667/3, 1994), y se procesaron estadísticamente los datos para obtener el comportamiento promedio de estos efluentes.

Los contaminantes seleccionados para las aguas del río fueron los siguientes.

Compuestos orgánicos tóxicos (BTEX, HAP, PCB y Plaguicidas)	pH.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Conductividad
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Cromo VI.
Sólidos Suspendidos	Plomo.
Sólidos Disueltos Totales	Cobre.
Fenoles	Cadmio.
Amonio	Zinc
Nitrato	Hierro
Nítrito	Temperatura
Oxígeno disuelto	Sodio
Grasas y Aceites	Calcio
Fosfatos	Magnesio
Coliformes totales	SAAM
	Coliformes fecales

Los contaminantes a determinar en efluentes de la fábrica de plaguicidas fueron:

Compuestos orgánicos tóxicos (BTEX, HAP, PCB y Plaguicidas)	pH.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Hierro
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Cromo VI.
Temperatura	Fenoles
Sólidos Suspendidos	Cobre
Sólidos Disueltos Totales	Cadmio.
Oxígeno disuelto	Zinc
Grasas y Aceites	Plomo
Conductividad	Sodio
	Calcio
	Magnesio

Los contaminantes a determinar en efluente del Ingenio Atencingo fueron:

Demanda Química de Oxígeno (DQO)	pH.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Conductividad
Sólidos Suspendidos	Temperatura
Sólidos Disueltos Totales	Oxígeno disuelto
Grasas y Aceites	Plomo
Nitrógeno total	Cobre
Fósforo total	Zinc
	Cadmio

Los contaminantes a determinar en efluente de vinaza de la fábrica Bacardí fueron:

Demanda Química de Oxígeno (DQO)	pH.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Conductividad
Sólidos Suspendidos	Temperatura
Sólidos Disueltos Totales	BTEX
Grasas y Aceites	Plomo
Fenol	Cobre
Nitrógeno total	Zinc
Fósforo total	Cadmio
Coliformes totales	Cromo VI
Coliformes fecales	

La extracción de los contaminantes orgánicos se realizó por el procedimiento EPA-3005 (extracción líquido-líquido en embudo separador, tomando las fracciones extraídas a pH 2 (ácidos y neutros – a/n) y a pH 11 (bases – b). El análisis de las muestras por cromatografía de gases acoplada a masas (CG/EM) se hizo de acuerdo al procedimiento EPA-8270 para el análisis de compuestos orgánicos semivolátiles.

Los análisis por CG/EM se realizaron en un equipo Turbomass (Perkin Elmer) acoplado a un cromatógrafo de gases Autosystem XL de la propia firma. Las condiciones del análisis cromatográfico fueron: Columna PE-1; d.i. 0.32 mm; longitud 30 m; espesor de fase 1 mm; temperatura del inyector 310 °C; programación de temperatura 40 °C 4 min, a 310 °C a 4 °C/min, 45 min a 310 °C. Las condiciones en el espectrómetro de masas: temperatura de la interfase 320 °C; temperatura de la fuente 320 °C; modo de ionización impacto electrónico 70 ev. Para el procesamiento de las muestras se utilizó el programa Turbomass V.4.1.1, realizándose la identificación de los componentes de interés con el programa de identificación del propio programa y la base de datos Turbomass NIST-EPA DB V.1.0 así como el programa NIST Mass Spectral Search (V 1.5a), para la biblioteca de espectros de masa NIST/EPA/NIH. Se utilizaron además iones específicos o sumas de iones para la identificación y cuantificación de compuestos de interés como se ilustra para el caso de los esteroides fecales, donde se utilizó el ión 215 para los estanoles no insaturados, el ión 213 para los estanoles insaturados y el ión 316 para las estanonas, lo que se ilustra en la figura No 1. Para la confirmación del coprostanol y del colesterol se utilizaron patrones adquiridos con este fin.

## Puctla noviembre

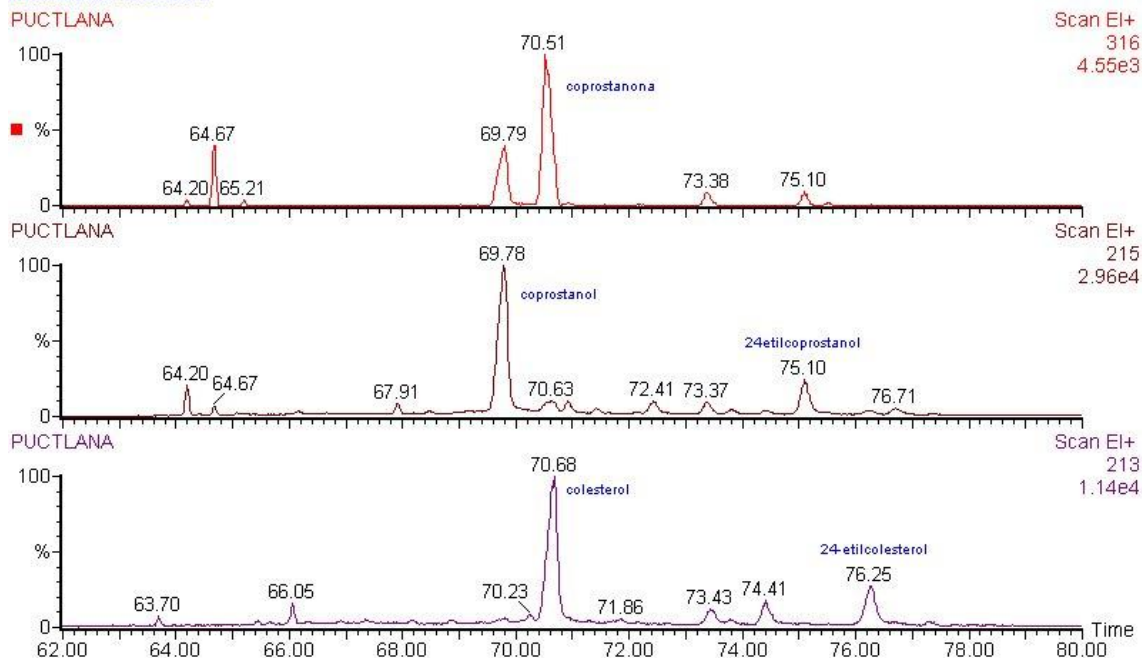


Figura No. 4 Iones característicos para la identificación de esteroides fecales.

Los contaminantes DQO, fenoles, tensioactivos (SAAM), nitritos, nitratos, amonio, fosfatos, cobre y cromo VI se determinaron espectrofotométricamente con fotómetro MERCK SQ 118. La digestión de la muestra para los contaminantes que lo requieren se realizó en termorreactor TR 300 de la MERCK. Los metales Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Cd y Pb fueron analizados por Absorción Atómica en equipo GBC 932 AA. El pH, temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos se determinaron con equipo portátil HANNA HI 991300. Los sólidos suspendidos y las Grasas y Aceites se determinaron según métodos gravimétricos, empleando una balanza analítica Mettler con precisión 0.0001 g.

Los datos se procesaron con el empleo del programa STATISTICA para determinar el comportamiento promedio y correlaciones de interés entre los parámetros evaluados.

### 2.6.2 Suelos.

Los puntos seleccionados para el estudio fueron: suelos de La Galarza (después del puente negro, punto 6), en cultivos de caña y maíz irrigados con vinaza, y suelo de referencia en cultivo de sábila (no irrigado con vinaza). En la zona de Atencingo se tomaron muestras de suelos en cultivos de caña irrigados con efluente tratado del ingenio (punto 7). En la fábrica de plaguicidas (punto 8), se tomaron muestras de suelos del jardín irrigados con efluente tratado de la fábrica. También se tomaron muestras de compost y residuo del lecho de secado de la planta de tratamiento.

Las muestras de suelos se tomaron con un muestreador tipo perforador de pistón, según método normalizado (ISO 5667/12, 1995). Se tomaron muestras puntuales en los puntos seleccionados y se envasaron en bolsas de nylon. Las muestras fueron identificadas y preservadas congeladas hasta su procesamiento según metodologías establecidas (ISO 5667/3, 1994).

Los contaminantes seleccionados fueron los siguientes.

Compuestos orgánicos tóxicos (BTEX, HAP, PCB y Plaguicidas)	Cobre (Cu).
Grasas y Aceites	Cadmio (Cd).
Humedad	Plomo (Pb).
pH	Zinc (Zn).
STD	Cromo (Cr).
Materia orgánica	Nitratos
Fosfatos	Amonio
	Hierro (Fe)
	Conductividad

Para la determinación de materia orgánica según método volumétrico (en muestras del año 2001) se tomaron 0.5 g de suelo y se sometieron a oxidación química con dicromato en medio ácido sulfúrico. Para la determinación de materia orgánica según método gravimétrico BSSS P002 (en muestras del año 2002) se tomaron 2 g de muestra y se sometieron a secado en estufa a 105 °C y se determinó la pérdida por ignición a 850 °C. El pH se determinó según método potenciométrico BSSS C001 y la humedad por el método gravimétrico BSSS P001. Para pH, conductividad y sólidos totales disueltos se tomaron 10 g de suelo en 50 ml de agua destilada y se determinaron con equipo portátil HANNA HI 991300. Para humedad se tomaron 2 g de suelo. Para el análisis de Grasas y Aceites se tomaron 5 g de muestra y se determinó por el método gravimétrico, previa extracción soxhlet con diclorometano.

Para la determinación de los demás analitos de interés por fotocolorimetría se tomaron 8 g de la muestra de suelo y se realizó una extracción con 80 ml de cloruro de potasio para determinar los contaminantes nitratos y amonio, y 2 g de muestra con 20 ml de solución Bray P-1 para determinar fósforo disponible (fosfatos). Los análisis se realizaron en un espectrofotómetro MERCK SQ 118.

Para la determinación de compuestos orgánicos tóxicos, la extracción se realizó con DCM y el análisis se realizó en el CG/EM.

Para la determinación de metales pesados, los suelos fueron secados, tamizados y procesados según métodos standards (EPA, 1998). Los análisis se realizaron en espectrofotómetro de absorción atómica GBC 932 AA.

### **2.6.3 Aire ambiente y emisiones industriales.**

Las determinaciones de partículas en aire ambiente se realizaron con equipo AEROCET 531 en zonas habitadas cercanas a las fábricas. Los parámetros medidos fueron partículas suspendidas totales (PST), y las fracciones PM1, PM5 y PM10. En la fábrica de formulación de plaguicidas, las mediciones se realizaron en áreas de trabajo de las plantas de carbonato de calcio, de caolín y de insecticida en polvo, así como en aire ambiente exterior de la planta de herbicidas. Las mediciones en la UTIM se realizaron para tomar como referencia de aire limpio en la zona.

La ubicación de los puntos de muestreo, los cuales fueron georeferenciados con equipo GPS 12, marca GARMIN eTrax, se da en la tabla siguiente.

**Tabla No 8. Ubicación de los puntos de muestreo de aire ambiente y emisiones**

Punto de muestreo	Elevación (m)	Latitud	Longitud
Dragón	1303	N 18°37.132'	W 98°25.858'
Calderas Ingenio Atencingo	1083	N 18°30.330'	W 98°36.511'
Calera 1	1312	N 18°37.088'	W 98°28.186'
Calera 2	1270	N 18°35.983'	W 98°28.912'
Rancho Juanito	1280	N 18°36.108'	W 98°29.116'
Fertilizantes Mezcladora	1292	N 18°35.694'	W 98°28.486'
Moposa	1280	N 18°36.108'	W 98°29.116'
UTIM	1342	N 18°39.647'	W 98°27.057'

La modelación de la dispersión de las emisiones de las calderas del Ingenio Atencingo se realizó para SO<sub>2</sub> y partículas que son los contaminantes fundamentales emitidos por las fuentes evaluadas. Los cálculos de dispersión de contaminantes en la atmósfera se realizaron aplicando el modelo SCREEN 3.

Los datos de las emisiones de las calderas para los cálculos de dispersión fueron tomados de estudios contratados por la propia empresa, donde se emplearon bagazo + combustóleo (durante la operación normal con combustible) y bagazo + residuos de aceites lubricantes gastados mezclado con bagacillo, guantes y estopas impregnadas con aceite (durante la operación en reciclaje con combustible). Estos datos fueron obtenidos en las propias fuentes de emisión, lo cual da mayor validez a los pronósticos, y se relacionan a continuación:

**Tabla 9. Datos de las emisiones de calderas para cálculos de dispersión de contaminantes**

Caldera	Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Altura (m)	T gases (°C)	Emisión (g/s)		ΔT (°C)
					SO <sub>2</sub>	Part.	
1	18.29	2.50	49.5	165	13.75	52.22	146
2	16.76	2.50	49.5	165	16.98	51.39	146
3	16.46	2.50	49.5	165	5.19	36.67	146
4	16.46	2.50	49.5	165	22.33	35.0	146

#### 2.6.4 Emisiones por quema de caña de azúcar

En la región de Izúcar de Matamoros se establecieron tres puntos de muestreo ubicados en el Centro del Municipio de Izúcar de Matamoros (zona 1), la UTIM (zona 2) y el Campo experimental (zona 3), según se aprecia en la figura siguiente.

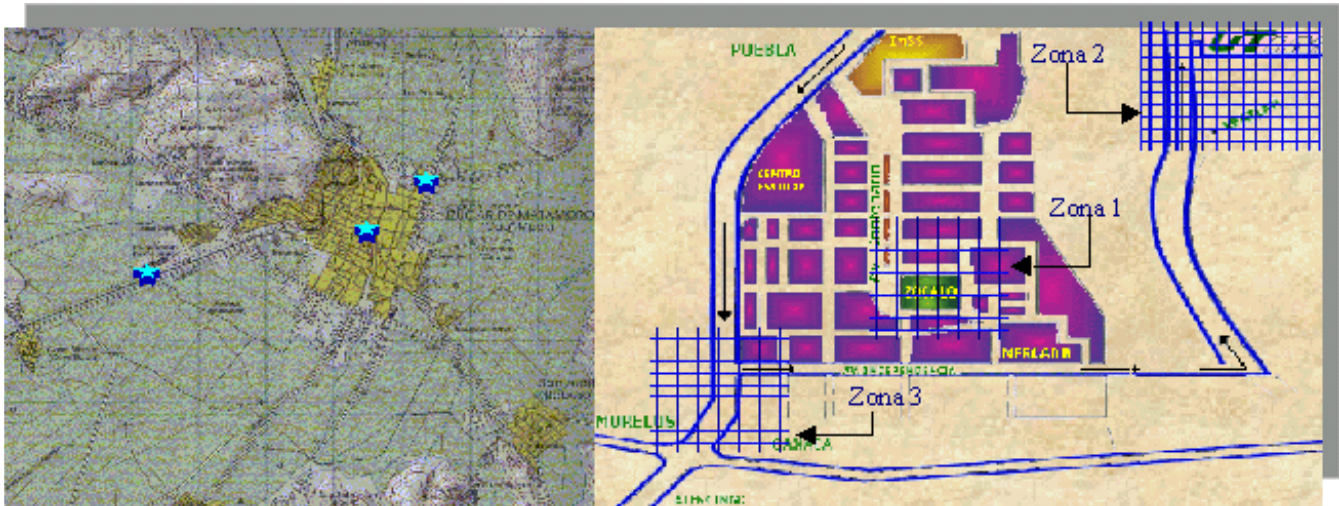


Figura No. 5 Ubicación de los puntos de muestreo en Izúcar de Matamoros, croquis de la ubicación de las zonas en Izúcar de Matamoros.



Zona 2: UTIM



Zona 1: CENTRO



Zona 3: CAMPO EXPERIMENTAL

El número de puntos de muestreo y su ubicación fue determinado de acuerdo al cálculo teórico en un modelo de caja de las emisiones totales basándose en la superficie de caña sembrada en la región, la población total, la superficie y la dirección de los vientos predominantes.

El número de muestras a tomar se determinó estadísticamente partiendo de que no se tiene un horario establecido para la quema de caña, la dispersión se verá afectada fundamentalmente por la temperatura

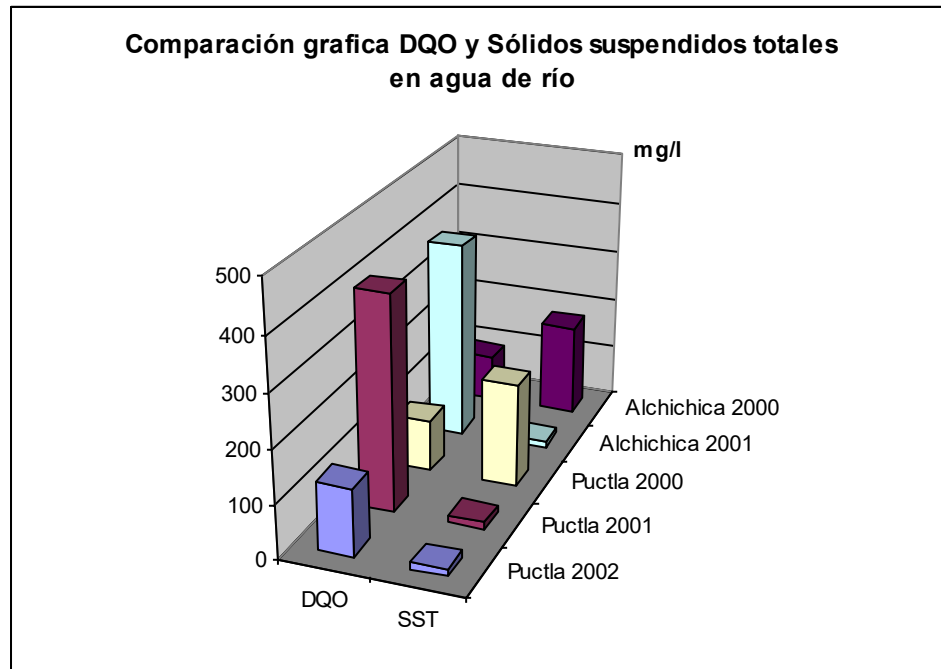
ambiente, puesto que influirá en la altura de la pluma generada, haciendo que la dispersión de las partículas varíe en función del horario a la que se esté realizando la quema de caña y por lo tanto el contacto de las partículas con las personas. Se realizaron monitoreos tanto en exteriores como en interiores.

## 2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

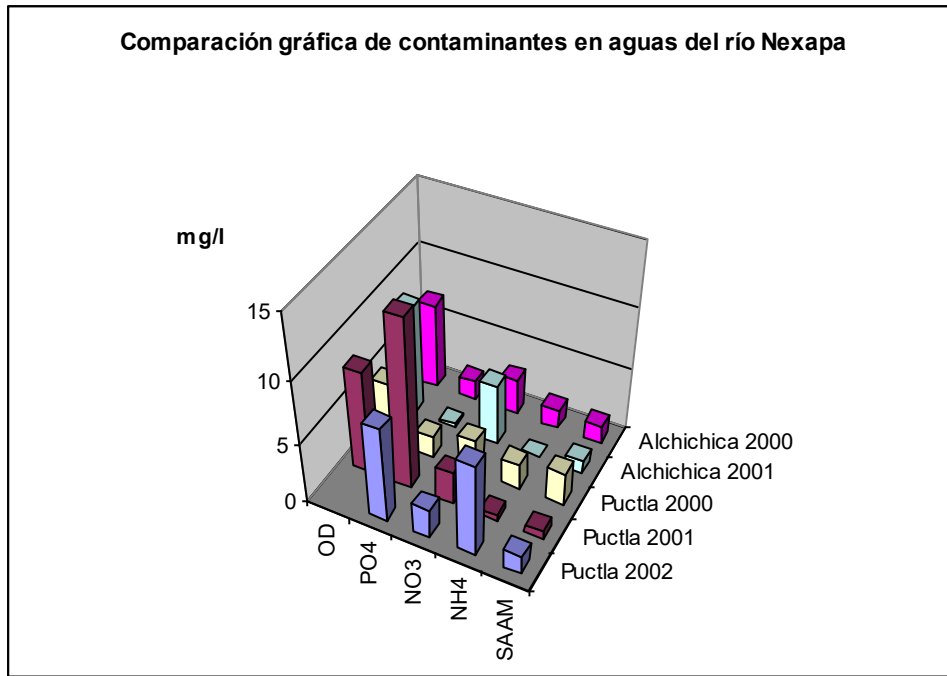
### 2.7.1 Aguas

Con vistas a conocer el estado actual del ecosistema del río Nexapa, en el tramo que comprende el municipio cabecera de la región de Izúcar de Matamoros, uno de los principales portadores de contaminantes a esta cuenca hidrológica por las descargas de residuales domésticos, se caracterizaron las aguas del río en los puntos de San Martín de Alchichica y Puctla. Los resultados obtenidos se muestran en las figuras siguientes, comparados con los niveles encontrados de estos parámetros en estas estaciones durante el estudio más reciente de la cuenca del Nexapa (Navarro y col., 2000).

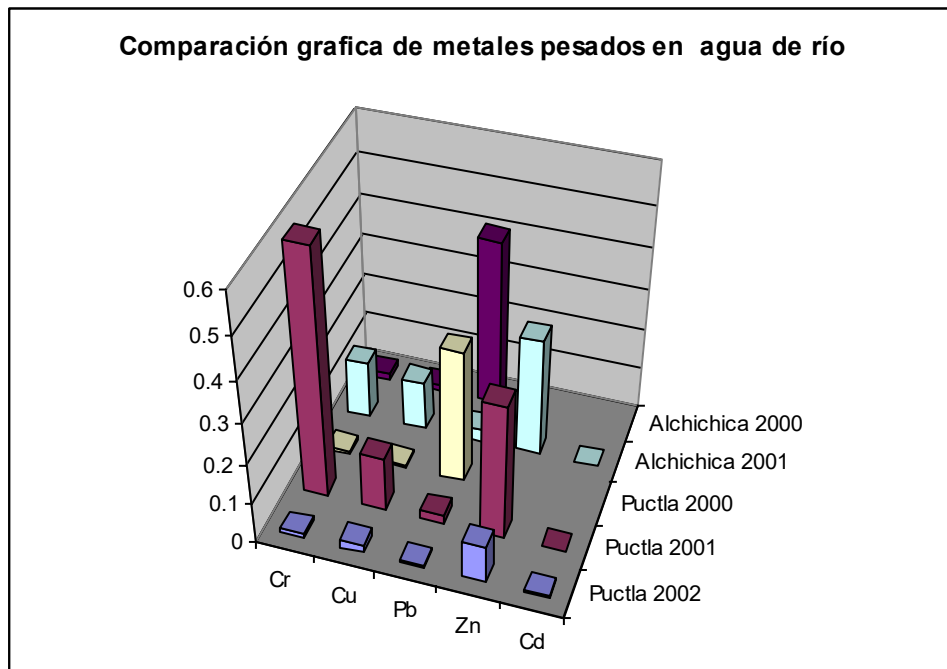
En las figuras No 6 y 7 se muestran los resultados de las determinaciones de contaminantes orgánicos e inorgánicos (excepto metales). En la figura No 8 se muestran los resultados de metales.



**Figura No 6**



**Figura No 7**



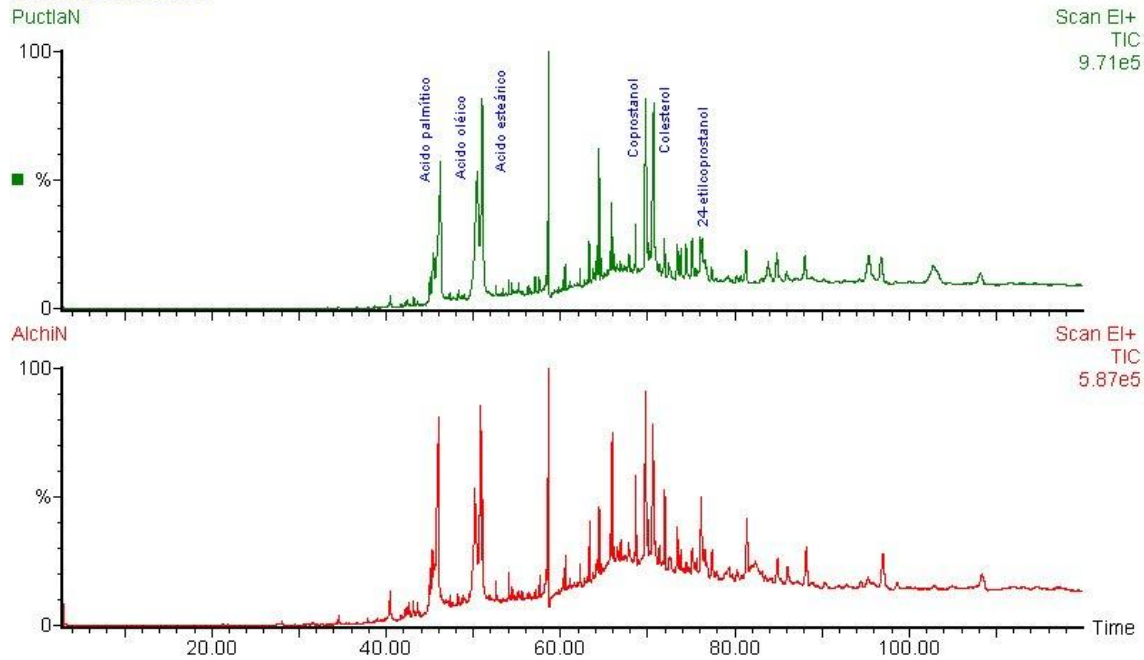
**Figura No 8**

Se puede apreciar que en la estación de Puctla, con relación al estado del río en la estación de San Martín de Alchichica se incrementan los niveles de materia orgánica (DQO), fenoles, fosfatos, amonio, nitritos, materia suspendida, cromo, hierro y zinc, así como disminuye el oxígeno disuelto al incorporarse las descargas de la ciudad. Es de destacar los niveles de nitratos encontrados en la estación de San Martín de Alchichica, que pueden estar asociados al uso de fertilizantes en la zona y que sufren escurrimiento al río.

En cuanto a la naturaleza de los contaminantes orgánicos, en la figura No 9 se muestran los cromatogramas de corriente iónica total de las muestras de Alchichica y Puctla. Con respecto a los

estudios de años anteriores, no se observaron cambios significativos en cuanto a los contaminantes presentes.

**Puctla noviembre**



**Figura No 9 Cromatogramas de corriente iónica total de los extractos de las aguas de Alchichica y Puctla.**

En los cromatogramas, que son prácticamente similares en cuanto a los tipos de compuestos presentes, no así en su cantidad, se destacan los ácidos orgánicos y los esteroides fecales, indicativos de la incidencia de la actividad antropogénica sobre las aguas del río. En específico los niveles de coprostanol con mucho superan los tenores de este esteroide fecal en otras partes del mundo, lo que indica que sigue siendo la contaminación fecal uno de los aspectos más preocupantes en cuanto a la calidad de las aguas del río Nexapa como ya se había visto con anterioridad (Navarro, 2000).

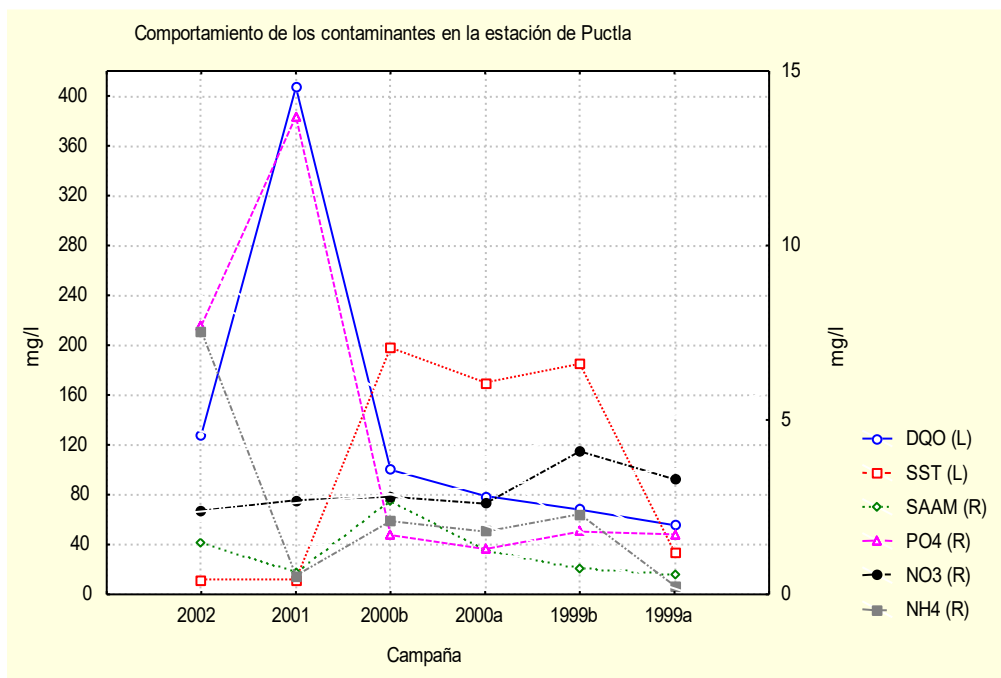
En la tabla No. 10 se indican la concentración en µg/l de estos esteroides así como la proporción de 2, 4-etilcoprostanol ( $f=24\text{etil}/(\text{coprostanol} + 24\text{etil})$ ), indicador de la cuantía de aportes de contaminantes fecales de humanos y herbívoros, pues estos últimos excretan una mayor cantidad de este esteroide.

**TABLA No 10 CONCENTRACIONES DE ESTEROLES**

	Coprostanol	Colesterol	2,4-etilcoprostanol	f 2,4-etilcoprostanol
Alchichica	48.0	43.2	6.9	0.12
Puctla	178.1	173.6	36.0	0.17

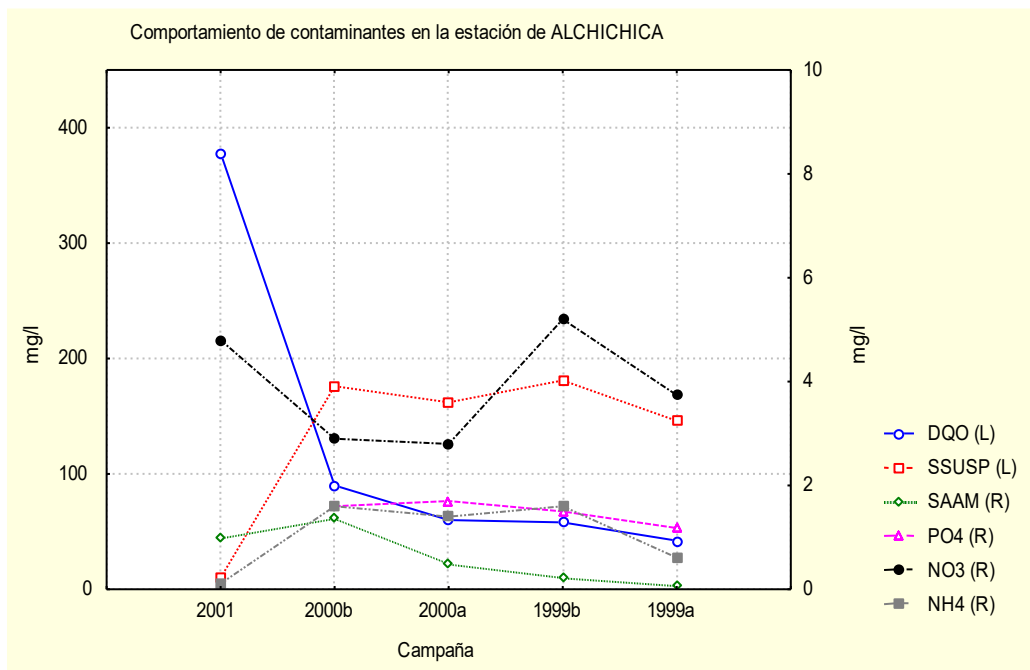
Resulta interesante que esta proporción es mayor en Puctla, lo que se asocia al rastro que está antes del punto de muestreo y la existencia de estabulaciones de animales en sus alrededores.

Si comparamos los niveles actuales de estos contaminantes en las aguas del río en las estaciones de San Martín de Alchichica y Puctla con los obtenidos en los años 1999 y 2000, se tiene que la materia orgánica se incrementó en ambas estaciones, resaltando además el incremento excesivo de fosfatos en la estación de Puctla con relación a años anteriores.



**Figura No. 10**

Resulta interesante en la estación de San Martín de Alchichica el notable incremento de la concentración de nitratos y la disminución de los niveles de fosfatos y de amonio, lo que parece asociado con el tipo de fertilizante empleado de acuerdo a la etapa del cultivo.



**Figura No 11**

Otros parámetros de interés determinados en las aguas del río se reflejan en la tabla siguiente. Con relación a las regulaciones mexicanas que aparecen en la NTE - CCA - 033/91 para aguas de uso agrícola e industrial (Clase D III) tenemos que los niveles de los parámetros Grasas y Aceites, coliformes totales y coliformes fecales en ambas estaciones, así como la conductividad en la estación

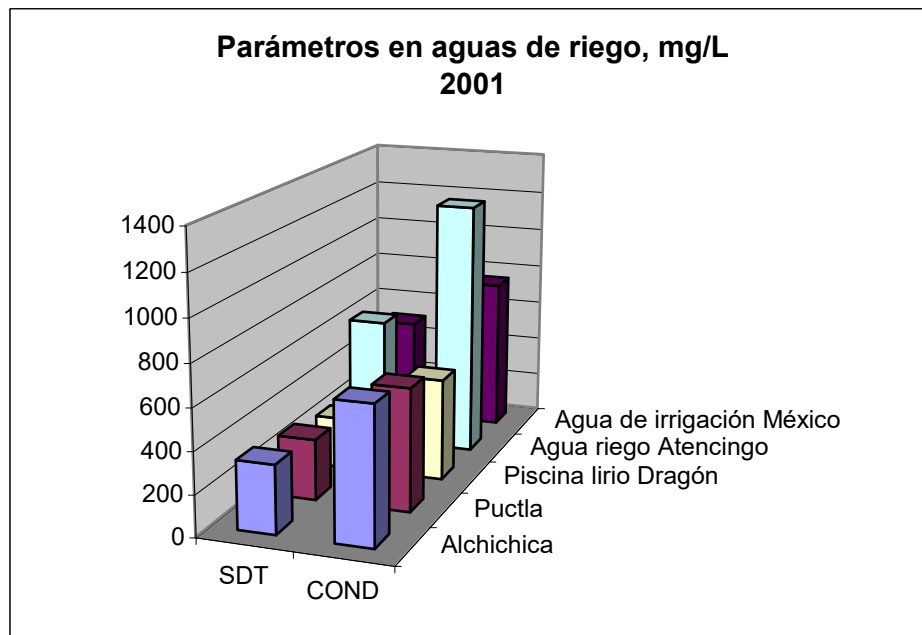
de Puctla (2002) resultan superiores a los límites permisibles por estas regulaciones, lo cual las invalida para estos usos.

**Tabla No.11. Otros parámetros contaminantes en aguas del río**

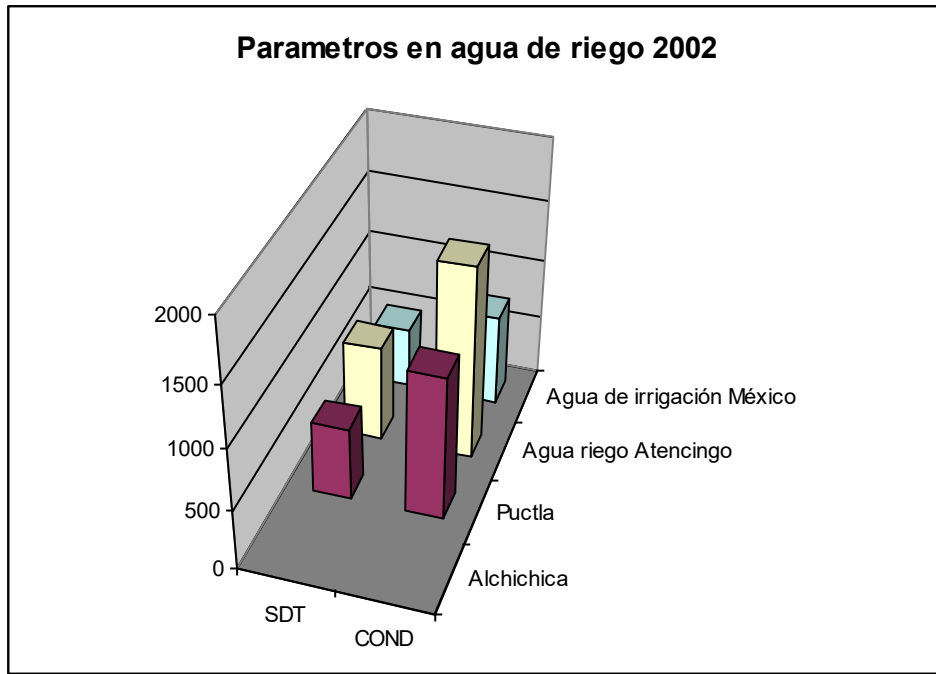
Punto	Alchichica 2001	Puctla 2001	Alchichica 2002	Puctla 2002	Agua de irrigación México	Unidades
pH	8.29	8.15		7.58	6.0-9.0	
COND	660	593		1178	100-750	uS/cm
DBO	378	407		141		mg/l
G/A	0.99	0.62	2.50	6.50	Ausencia	mg/l
Fenol	0.43	1.82		0.46		mg/l
NO <sub>2</sub>	0.13	0.33		0.37		mg/l
SDT	330	295		589	500-3500	mg/l
T	21.3	21.3		24.5	Máx 30	°C
Coliformes Totales			8400	87600		NMP/100 ml
Coliformes fecales			2400	2400	1-1000	NMP/100 ml

Es muy apreciable el incremento de los niveles de cromo en la estación de Puctla en el año 2001, una vez que el río cruza la ciudad, lo que parece indicar una descarga puntual, más que la presencia de una nueva fuente industrial en la zona.

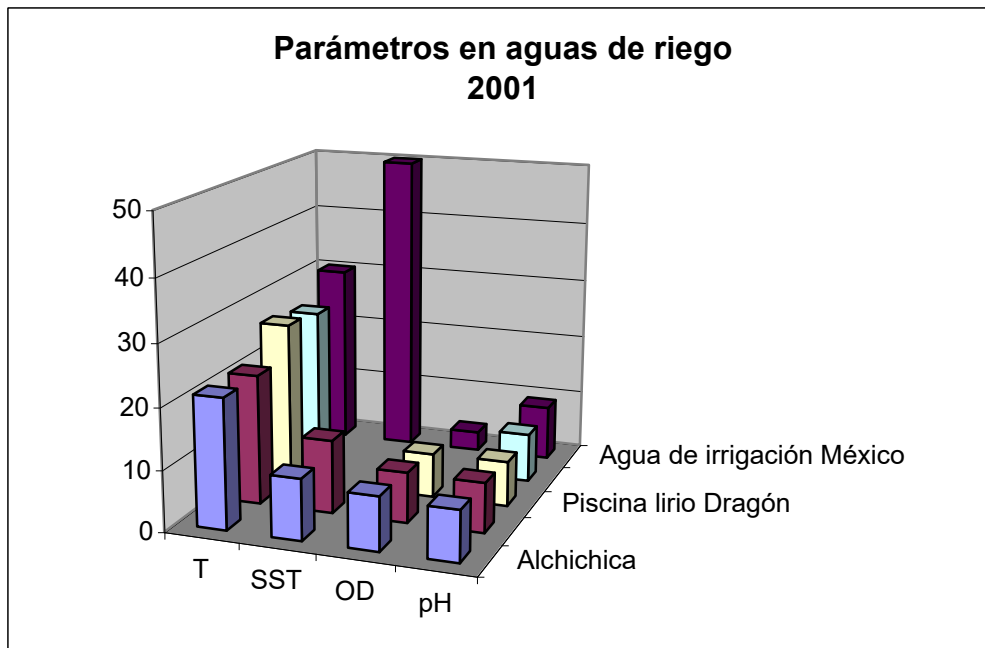
Atendiendo a las regulaciones mexicanas que aparecen en la NTE - CCA - 033/91 para aguas de uso agrícola e industrial (Clase D III) tenemos que los niveles de todos los parámetros evaluados en ambas estaciones están dentro de los límites permisibles por estas regulaciones. Con relación a las aguas utilizadas para riego de caña en la zona de Atencingo, se observa que los niveles de sólidos disueltos y la conductividad son superiores a los límites permisibles para aguas de uso agrícola en las regulaciones mexicanas de referencia.



**Figura No 12**



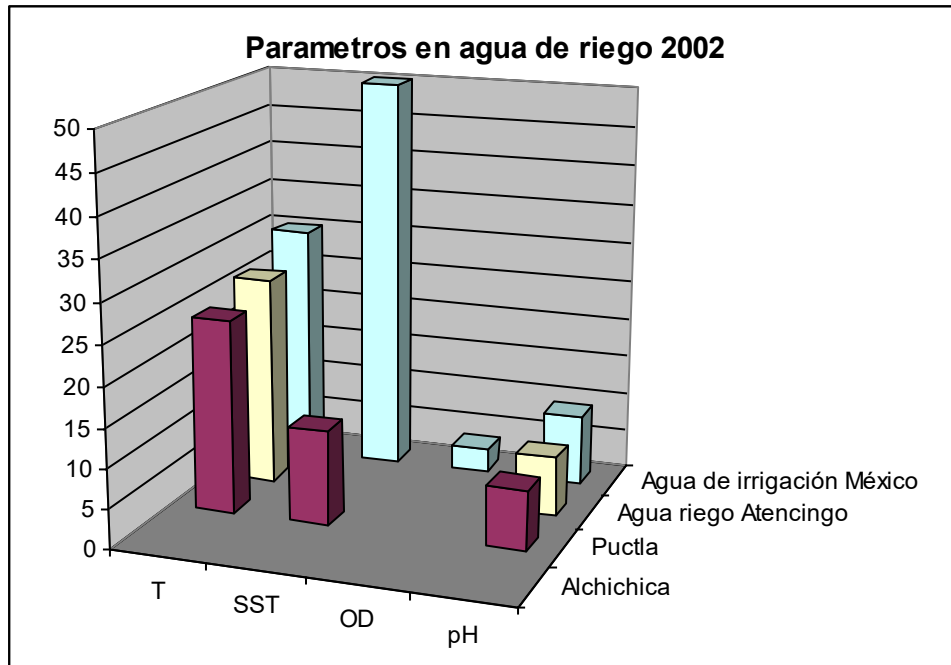
**Figura No. 13**



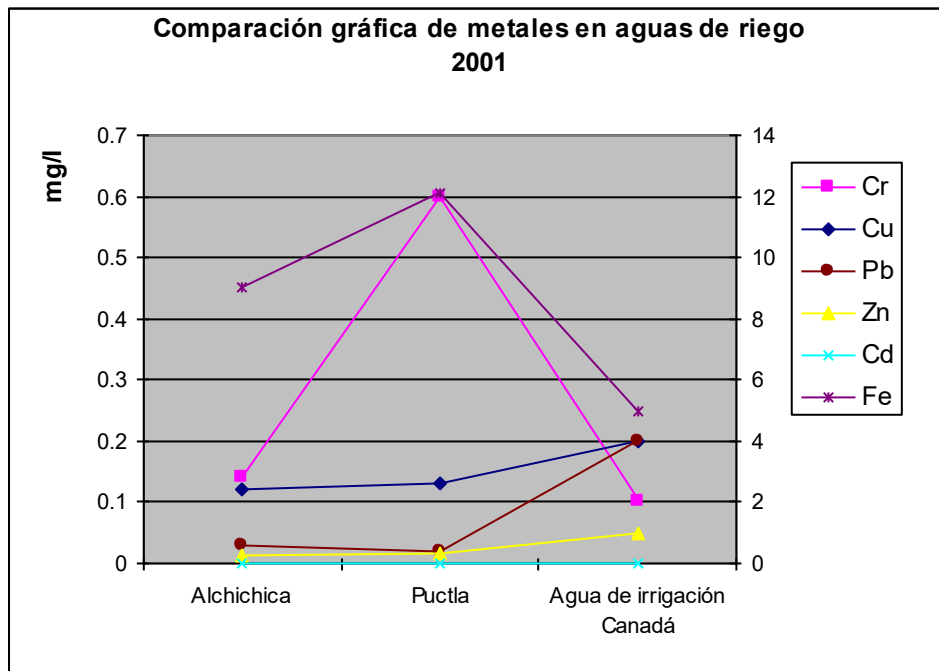
**Figura No.14**

Las aguas de la piscina de lirio de la fábrica de plaguicidas, que se utilizan para irrigar áreas verdes en la propia planta, están aptas para este uso de acuerdo a las regulaciones mexicanas antes mencionadas, aunque aparecen residuos de las bases nitrogenadas como la ametrina (específicamente diazinon y los de la familia de las triazinas), en el análisis por Chrom Mass. [Navarro](#)

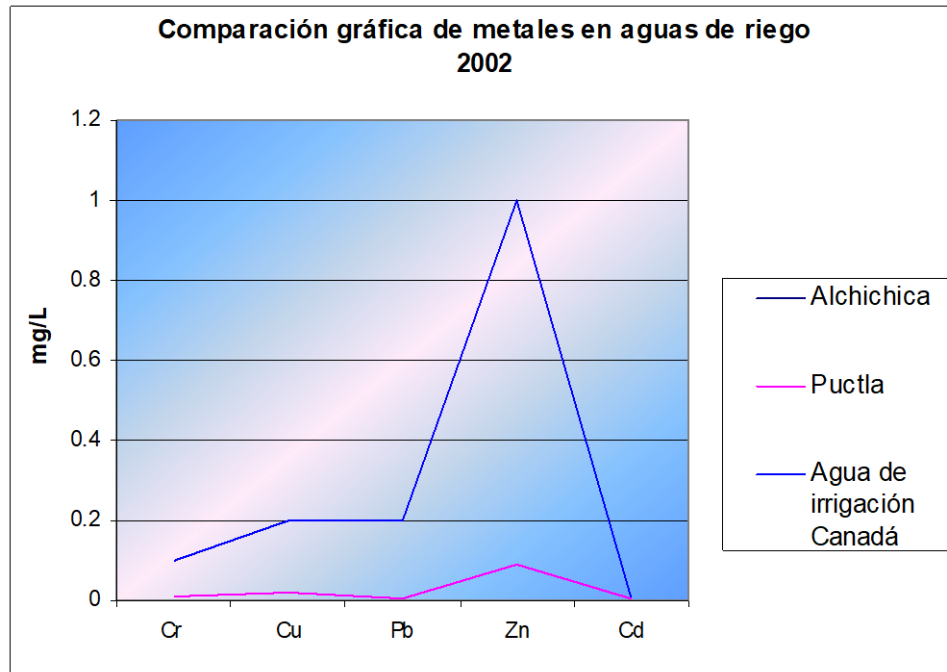
De acuerdo a las guías canadienses de calidad de agua para uso agrícola (CCME, 1997), los niveles de hierro y cromo en las aguas del río en ambas estaciones durante la campaña del 2001 no estaban aptas para su utilización con estos fines.



**Figura No 15**



**Figura No 16**



**Figura No. 17**

Durante la campaña del 2003 fue notable la disminución de la DBO. El río se observó muy limpio en ambas estaciones. Lo más significativo fue la elevadísima concentración de detergentes en Puctla, observable visualmente, pues el río llevaba mucha espuma. Esta limpieza del río puede estar asociada a la entrada en funcionamiento de las plantas de Puebla y también a que las intensas lluvias de mayo y junio hayan limpiado el cauce del río (después hubo bastante seca hasta mediados de agosto). [Gráficos 2003](#)

### 2.7.2 Efluentes industriales

En la tabla aparecen los resultados obtenidos en el efluente industrial de la fábrica de plaguicidas a la entrada y salida del tratamiento, comparados con los valores máximos permitidos para efluentes líquidos de procesos de formulación de plaguicidas descargados directo a aguas superficiales (World Bank, 1997).

**Tabla 12. Evaluación de efluentes de la fábrica de plaguicidas**

Fecha	2001	2001	2002	2002	2001			
Punto	Efluente entrada Dragón	Efluente salida Dragón	Efluente entrada Dragón	Efluente salida Dragón	Efluente salida Dragón CP	Concentración permisible	Valor máximo	Unidades
pH	7.85	6.36	7.73	7.50	7.49	5.0-10	6.0-9.0	
COND	1054	913	1398	1370				µS/cm
DQO	265	143	470	180			150	mg/l
DBO <sub>5</sub>			447	223	12	200		mg/l
G/A			9.2	2.88	1.25	25	10	mg/l
Fenol				1.01			0.05	mg/l
SST	20	10	184	14	6	200	20	mg/l
SDT	525	456	697	685				mg/l
T	25.4	26.5	27.8	29.3	25.0			°C
OD		10						mg/l
Cu		0.10	0.16	0.038	0.016	6	0.50	mg/l
Pb		nsa	0.015	0.01	0.03	1		mg/l
Zn		0.43	0.52	0.15	0.05	20		mg/l
Cd		nsa	0.005	0.005	0.006	0.4		mg/l
Gasto					0.46			m <sup>3</sup> /h

Con relación a la eficiencia del tratamiento aplicado, se observa que logra un 62 % de remoción de materia orgánica general (DQO), un 50 % de remoción de materia orgánica biodegradable y un 92 % de materia suspendida. Los niveles de contaminantes encontrados en el efluente a la salida del tratamiento son aceptables, comparados con las regulaciones indicadas para estos procesos, excepto la DQO en la campaña del 2002.

Se debe destacar el incremento de los niveles de DBO, Grasas y Aceites, materia suspendida, cobre y zinc en el efluente a la salida del tratamiento con respecto a las concentraciones reportadas de estos parámetros en controles de la planta (CP).

Si comparamos los niveles de contaminantes encontrados en el efluente de salida con las concentraciones permisibles (promedio diario tipo A) por la norma mexicana (NOM-001-ECOL-1996) se observa que sólo la DBO<sub>5</sub> no cumple con esta regulación.

En cuanto a los principios activos presentes en las aguas que se tratan en la planta, los cromatogramas de corriente iónica total del influente y el efluente, en el intervalo en que eluyen los compuestos de interés, se muestran en la figura 18.

**dragon salida b**

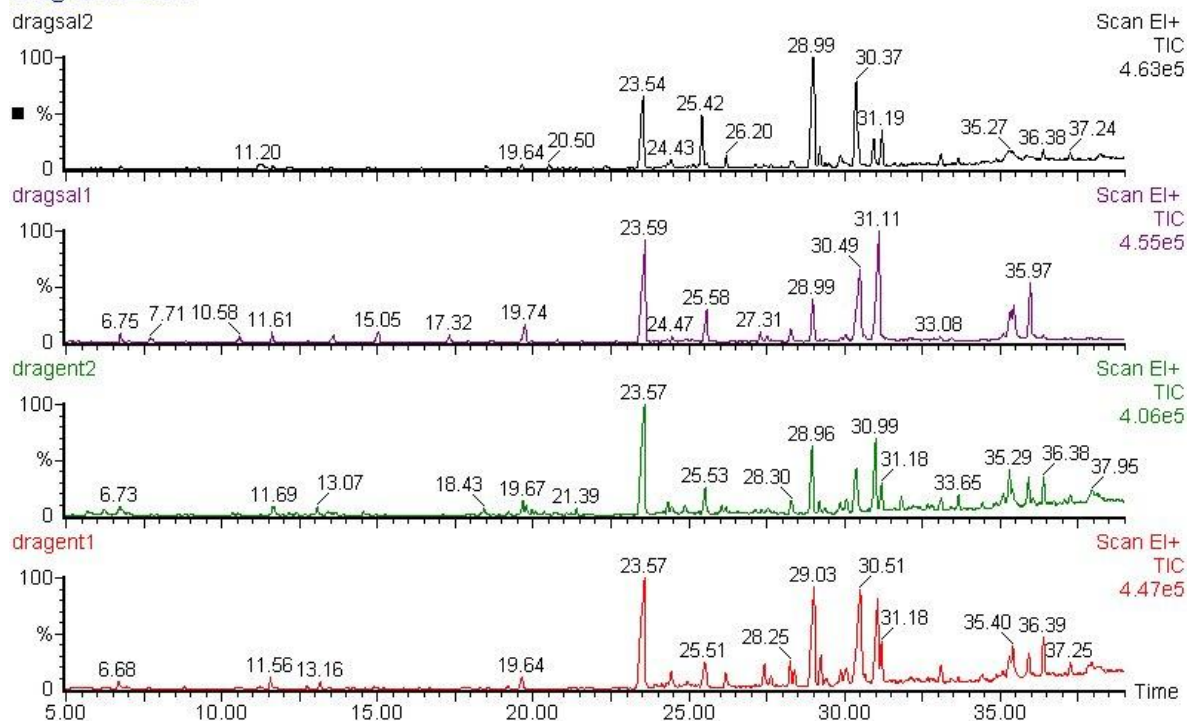


Figura No 18. Cromatogramas de CIT de las muestras de la planta de Dragón.

Los principales plaguicidas, en cuanto a cantidad, son el Dimetoato, el diazinon, la ametrina (una triazina) y el clorpirifos, los cuales se identifican en la figura 19.

**dragon entrada a y n**

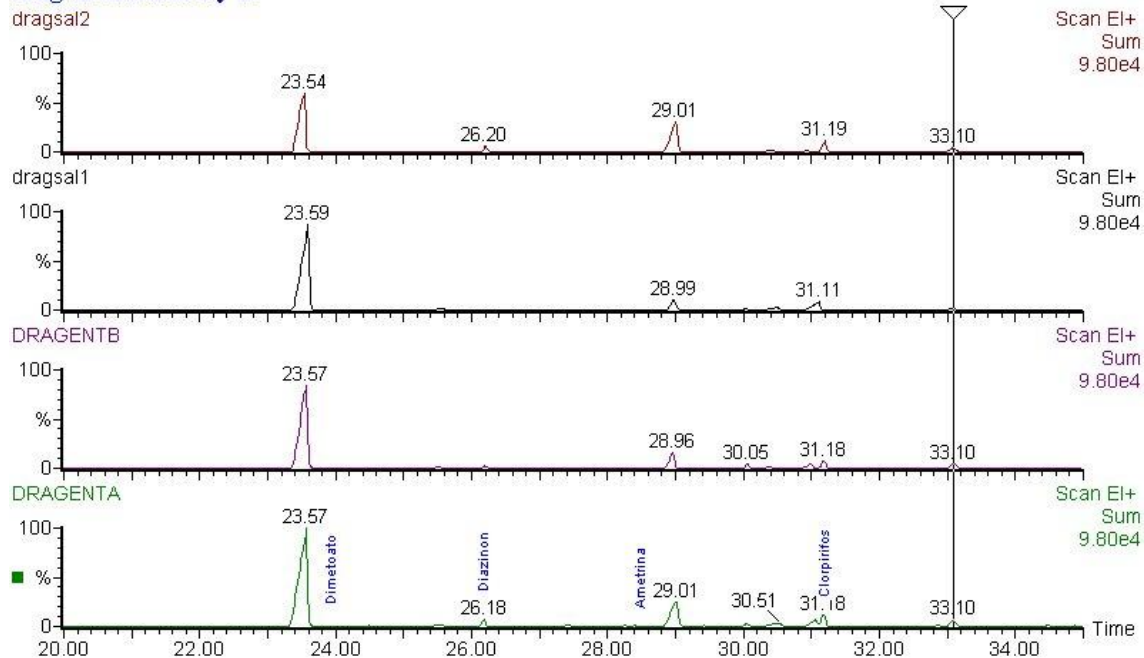


Figura No 19

Los compuestos orgánicos identificados y su balance cuantitativo de acuerdo al análisis cromatográfico se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA NO 13 COMPUESTOS IDENTIFICADOS Y CUANTIFICADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO.**

n/o	Compuesto	Entran	Salen
1	acido fosforotioico OOS trimetilester	3,0	1,0
2	benceno1cloro3isocianato	15,0	4,9
3	bencenocloroisocianato otro isómero	5,8	1,1
4	acido fosforoditioico OOS trimetilester	2,1	0,4
5	ácido orgánico - octanoico?	0,7	1,0
6	etil ester ácido orgánico - octanoico?	1,1	0,0
7	dietilester ácido 1hidroxibutilfosfórico	2,7	0,5
8	25dimetilbenzaldehido	1,3	0,0
9	benzotiazol	0,0	1,1
10	aldehido - nonenal?	1,3	0,0
11	ácido orgánico - nonanoico	3,4	3,5
12	fosforotioico S-2-(1ciano-1-metil)amino-2-oxoetil-Oodietilester	1,9	0,0
13	Compuesto poliinsaturado o HC aromático 148	2,5	0,0
14	anhidrido ftálico	0,0	9,0
15	compuesto fenólico posible terbutil	0,0	0,4
16	etanona - 1 - 24difluorofenil + anhídridoftálico	2,1	0,0
17	1-2-dicloro-3-isocianatobenceno	18,5	5,7
18	etilendimetacrilato	0,0	2,4
19	4,4-Dimethyl-5-methylene-2-allylamino-2-thiazoline	2,9	0,5
20	Phosphorothioic acid, S-[2-[(1-cyano-1-methylethyl)amino]-2-oxoethyl] O,O-diethyl ester	6,1	0,4
21	ácido orgánico - undecanoico	1,9	4,4
22	Isoquinoline, 1,2,3,4-tetrahydro-6,7-dihydroxy-1-methyl-	1,9	0,0
23	Isoquinoline, 1,2,3,4-tetrahydro-6,7-dihydroxy-1-methyl-	1,2	0,0
24	Ester etílico del ácido decanoico	1,7	0,0
25	Alcohol ramificado (por ej. 3 metil1hexanol)	0,6	1,2
26	diclorobencenoaminas (distintos isómeros)	4,8	0,3
27	1nitroftaleno (nitrol) y Cyclopropanecarbox acid, 3-(2,2-dichlethenyl)-2,2-dimet-, ethyl ester	0,0	5,9
28	4(1H)-Pyrimidinone, 6-methyl-2-(1-methylethyl)- (lmhp)	0,5	0,1
29	Acido bencenosulfinitioico s-fenilester	1,8	0,6
30	Alcohol ramificado (por ej. 22 dimetil1butanol)	0,0	3,2
31	ethylefrine (adrianol, effortil,etc.) o embramine (esta tiene bromo) en fin una diamina	2,7	3,3
32	Alcohol cadena recta	4,0	1,3
33	Acido orgánico cadena recta (posib dodecanoico) tambien glicina o dodecanoamida	20,7	2,5
34	2methylthiobenzothiazole	0,0	2,3
35	phosporic acid methylsylylene (tambien puede ser derivado de tiocarbamato)	0,0	2,4
36	Dimetoato	321,9	136,6
37	nonilfenol	6,7	2,4

38	Atrazina	29,8	9,2
39	n-butilbencenosulfonamida	4,6	4,2
40	Alcohol cadena recta	3,7	0,4
41	ácido tetradecanoico	64,4	20,2
42	Diazinon	23,9	8,0
43	ciclohexane carboxialdehide-6metil-3-(1metiletil)-2-oxo-(3-oxobutil)-	2,0	1,5
44	ácido orgánico	1,5	2,1
45	ácido orgánico	18,1	3,6
46	alcohol insaturado	1,0	0,5
47	ácido orgánico + 35 dimetoxifenol	46,5	6,3
48	ametrina	204,8	133,9
49	prometrina	38,1	11,8
50	terbutrin	25,8	16,6
51	éster de ácido orgánico	32,6	3,7
52	aldehido insaturado (tipo octadecenal)	30,0	61,5
53	derivado malatión	0,0	14,2
54	ácido insaturado (oleico?)	223,1	55,8
55	ácido orgánico (C16?)	174,5	91,0
56	Clorpirifos	50,6	21,3
57	ácido orgánico	7,3	2,5
58	alcohol insaturado	12,7	4,2
59	ácido orgánico insaturado	110,4	87,0
60	ácido orgánico	44,9	30,7
61	éster insaturado	53,1	7,3
62	diisooctilftalato	397,1	63,5

Como se observa, hay una gran variedad de compuestos, muchos de los cuales pueden ser identificados fácilmente como productos de la degradación de los principios activos detectados.

También se detectaron hidrocarburos, que no se indican en la tabla anterior. Utilizando una suma característica de iones para cuantificar las n-parafinas presentes, se obtuvieron los cromatogramas de masa que se muestran en las figuras 20, 21, 22 y 23.

Se observa que en la entrada hay parafinas en el rango de queroseno y de aceite, cuestión lógica porque el queroseno se utiliza en las formulaciones. En la fracción de bases se acumulan las isoparafinas. Se puede apreciar la remoción de los hidrocarburos a la salida.

**dragon entrada a y n**

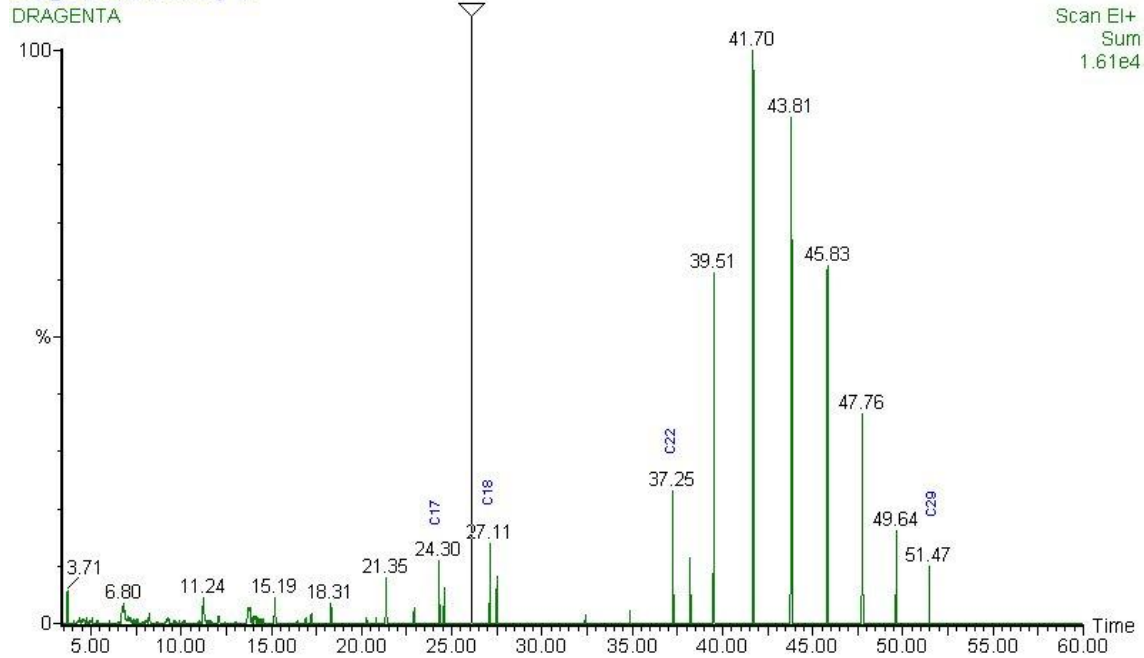


Fig No 20

**dragon entrada b**

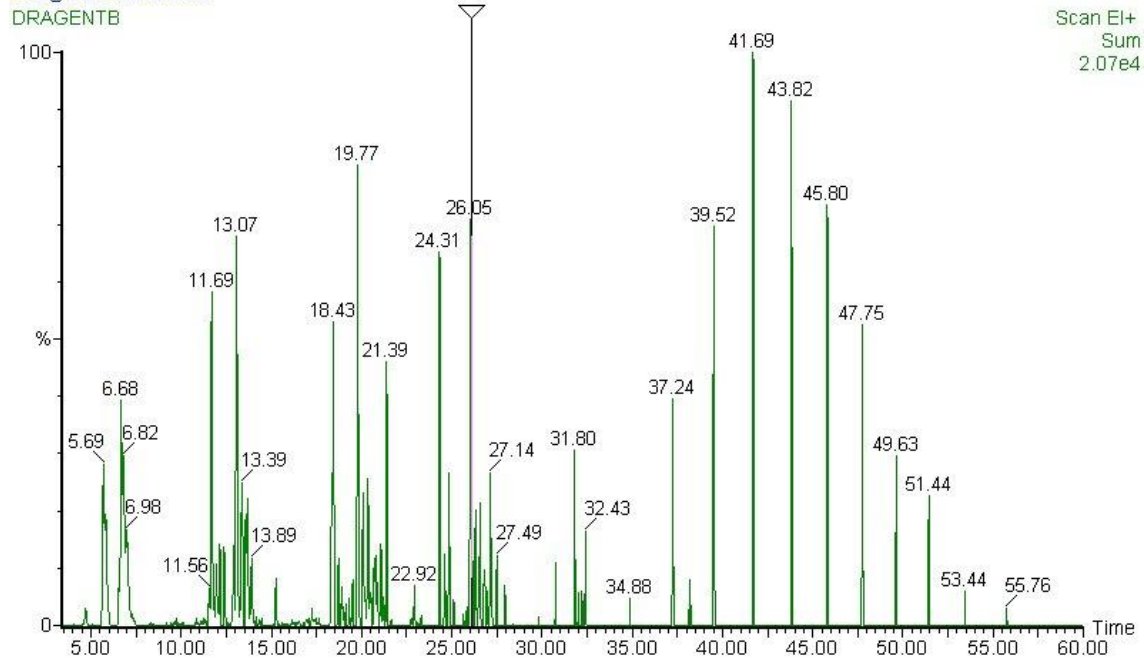


Fig No 21

**dragon salida a y n**

dragsal1

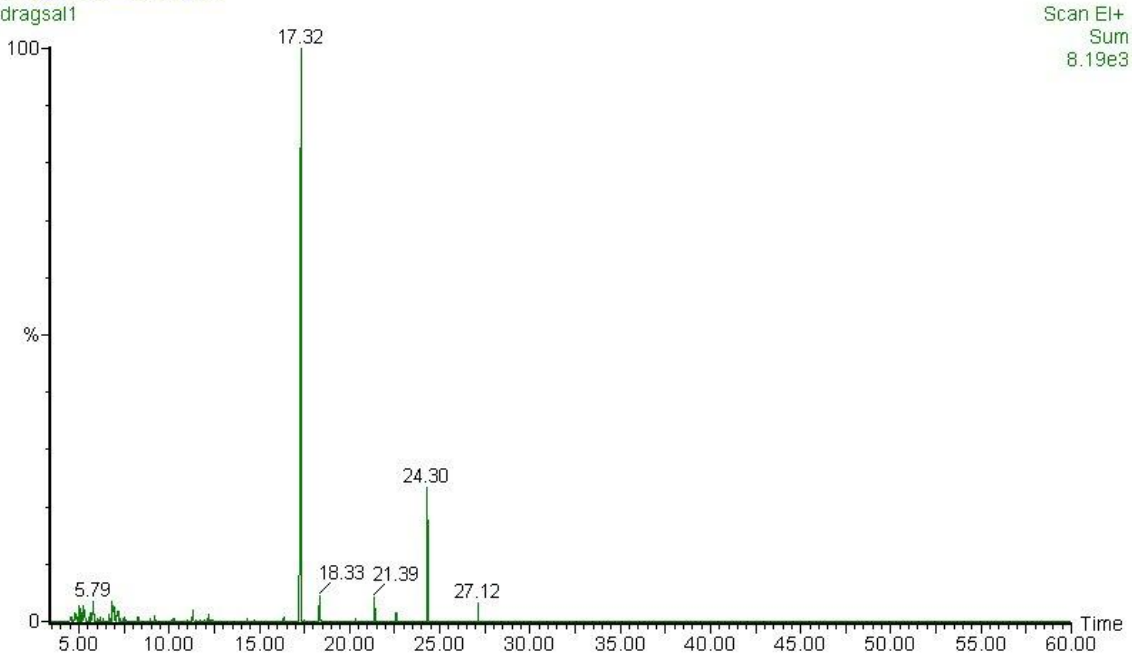


Fig No. 22

**dragon salida b**

dragsal2

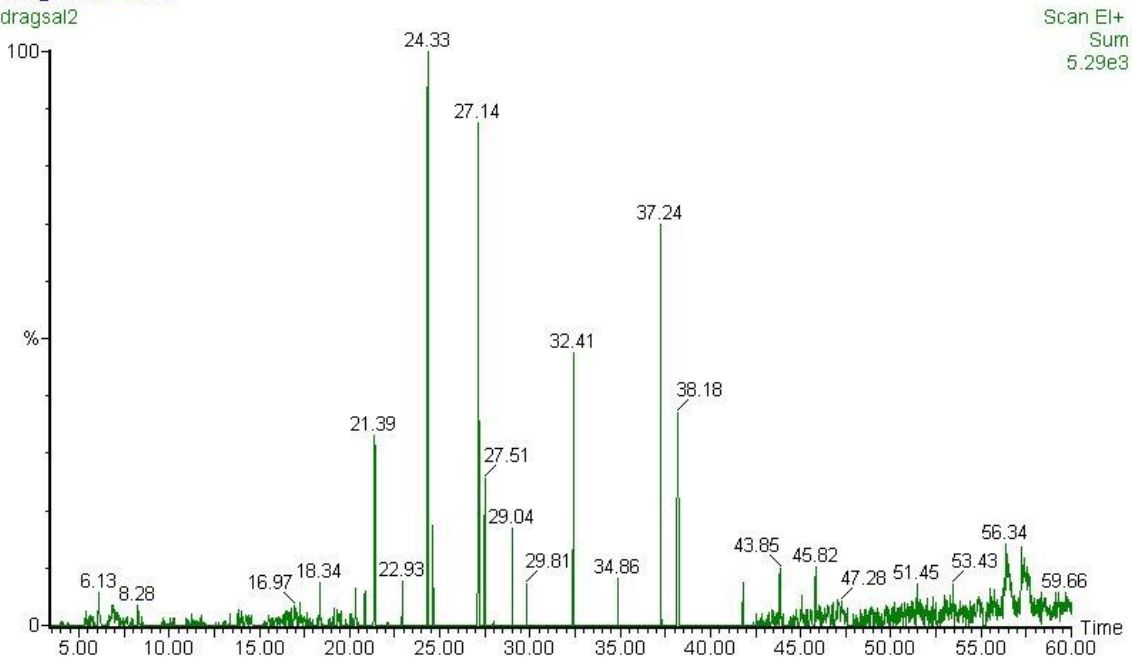


Fig. No. 23

En cuanto a la eficiencia general del tratamiento de acuerdo al análisis cromatográfico la tabla 13a lo resume (concentraciones en  $\mu\text{g/l}$ ) y se observa que los valores coinciden satisfactoriamente con los resultados de los análisis físico-químicos anteriormente descritos.

:

**TABLA 13A . EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SEGÚN LOS ANÁLISIS POR CG/EM.**

	Plaguicidas	Restos Plaguicidas	Otros	HC
Dragón entrada	694,9	79,1	870,2	7158,7
Dragón salida	337,3	60,4	397,7	1141,1
% remoción	51,5	23,6	54,3	84,1

Para el efluente del Ingenio Atencingo a la salida del tratamiento se aprecia que los niveles de concentración de materia orgánica (DQO y DBO), materia suspendida y fósforo total resultan muy superiores a los valores máximos permitidos para efluentes líquidos de fabricación de azúcar descargados directo a aguas superficiales (World Bank, 1997), lo que denota que el tratamiento resulta insuficiente.

**TABLA NO. 14. EVALUACIÓN DE EFLUENTES DEL INGENIO DE ATENCINGO**

	2001	2002	2002		
Punto	Efluente salida Atencingo	Efluente salida Atencingo	Efluente salida Atencingo	Valor máximo permitido	Unidades
Epoca	no zafra	zafra	no zafra		
pH	6.92		5.47	6.0-9.0	
COND	612		3442		µS/cm
DQO	920	838	3620	250	mg/l
G/A		7.7	7.3	10	mg/l
P total	3.8	7.5	21	2.0	mg/l
N total	7.6	56	46	10	mg/l
SST	306	58	42	50	mg/l
SDT	304	2014	1725		mg/l
T	26.5		25.3	> 3 <sup>(a)</sup>	°C
OD	0				mg/l
DBO			4660	50	mg/l
Pb			0.034		mg/l
Cu			0.058		mg/l
Zn			0.112		mg/l
Cd			0.01		mg/l
Gasto	108	288	108		m3/h

<sup>(a)</sup> °C por encima de la temperatura del cuerpo receptor.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en la evaluación del sistema de tratamiento de efluentes durante la época de zafra y se aprecia una buena eficiencia de remoción de la trampa de grasas (96.7 %R de grasas y aceites) y del tratamiento completo para la materia orgánica biodegradable (80 %R de DBO y 93.2 %R de sólidos volátiles).

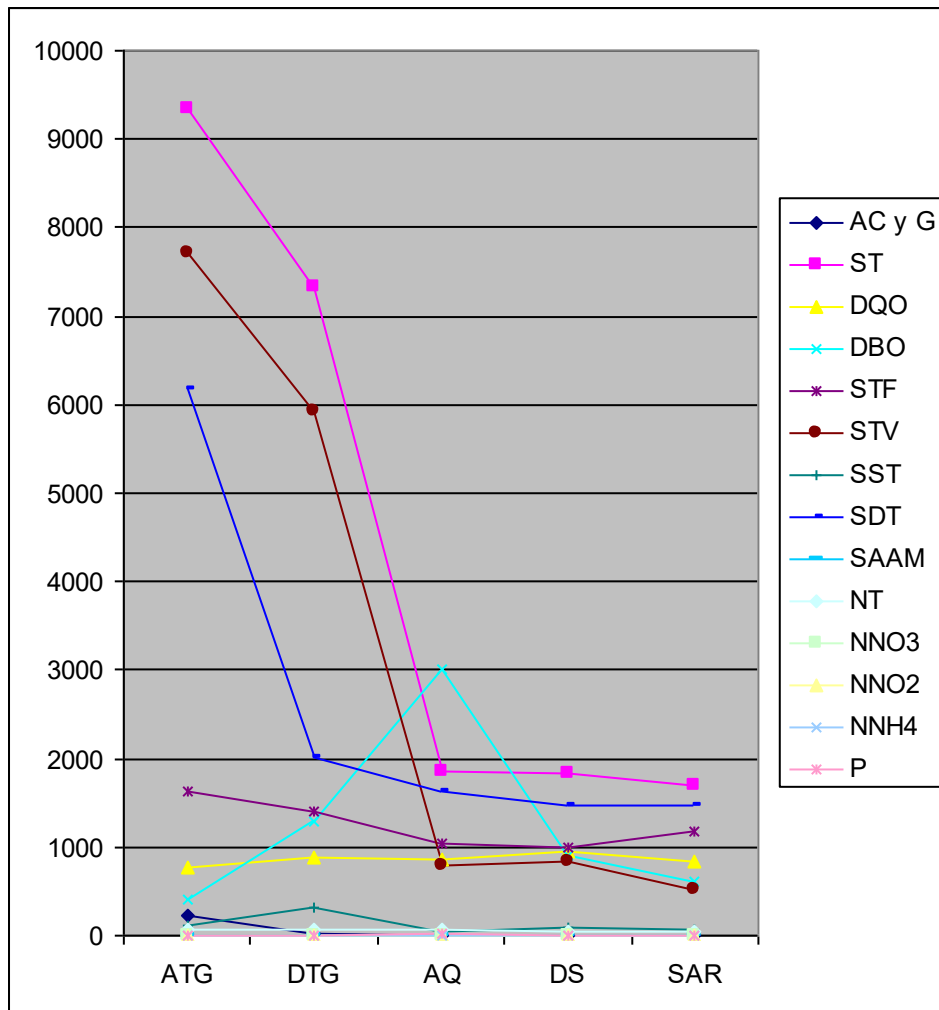
**TABLA NO. 15. EFLUENTES INGENIO ATENCINGO EN ÉPOCA DE ZAFRA**

	ATG	DTG	AQ	DS	SAR	% R
G y A	235	30.3	11.1	7.3	7.7	96.7
ST	9334	7326	1844	1828	1692	81.9
DQO	777	882	851	950	838	11.8
DBO	400	1300	3000	900	600	80
STF	1624	1400	1042	986	1166	28.2
STV	7710	5926	802	842	526	93.2
SST	124	306	36	98	58	53.2
SDT	6180	2014	1636	1466	1470	76.2
SAAM	0.15	0.46	0.3	0.42	0.37	19.6
N total	64	73	58	35	56	23.3
NNO3	3.46	1.17	2.43	0.82	0.84	75.7
NNO2	0.06	0.18	0.23	0.15	0.10	56.5
NNH4	0.16	0.23	0.35	0.12	0.13	62.9
P total	2.6	7.5	11.9	3.8	7.5	37

ATG            antes de trampa de grasas  
DTG            después de trampa de grasas  
AQ             aguas químicas  
DS             después de separador  
SAR            salida al río

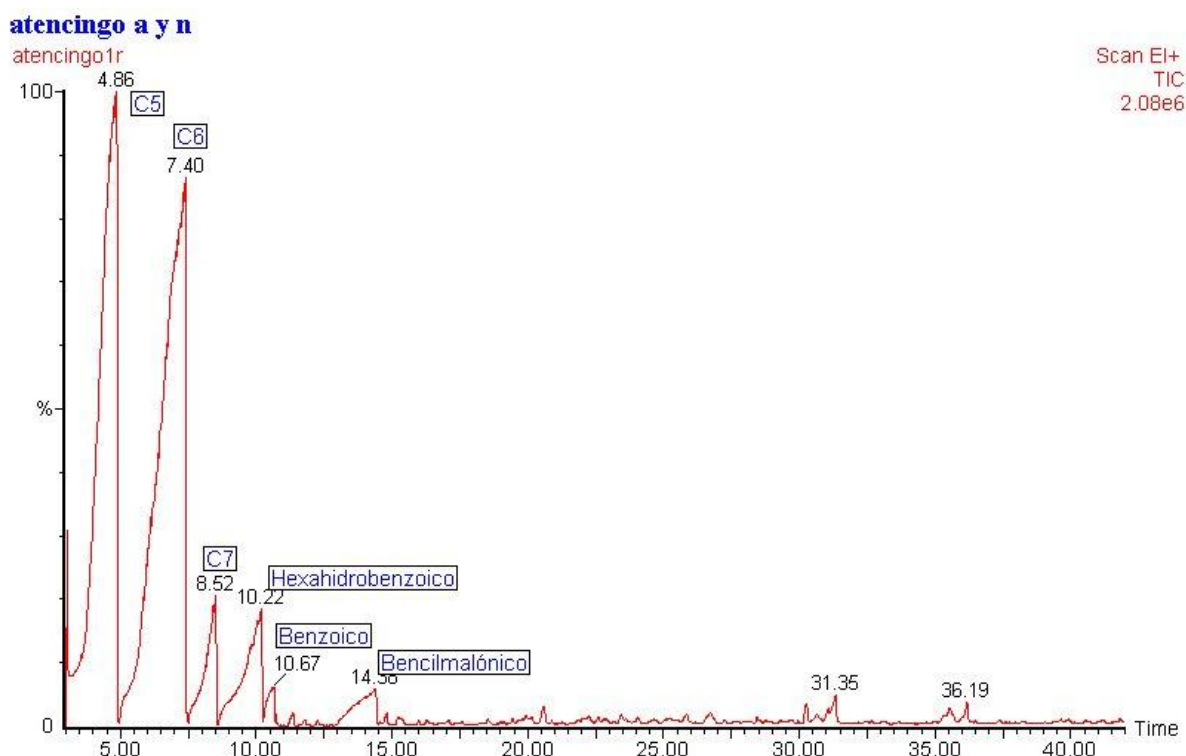
No obstante, el trabajo del sistema de tratamiento se considera insuficiente si tenemos en cuenta la elevada carga de materia orgánica (en particular la fracción no biodegradable remanente) y sólidos (fundamentalmente de carácter inorgánico) observada en la salida al río (SAR), toda vez que estas aguas son utilizadas para irrigación de cultivos.

La figura No. 24 nos muestra de forma gráfica el comportamiento de estos contaminantes a través del sistema de tratamiento de efluentes en el Ingenio de Atencingo. Se observa un incremento de la fracción biodegradable de la materia orgánica (DBO) una vez que sale de la trampa de grasas, sin embargo la fracción no biodegradable prácticamente no es removida durante su paso por las etapas del sistema de tratamiento, de acuerdo a los niveles de DQO.



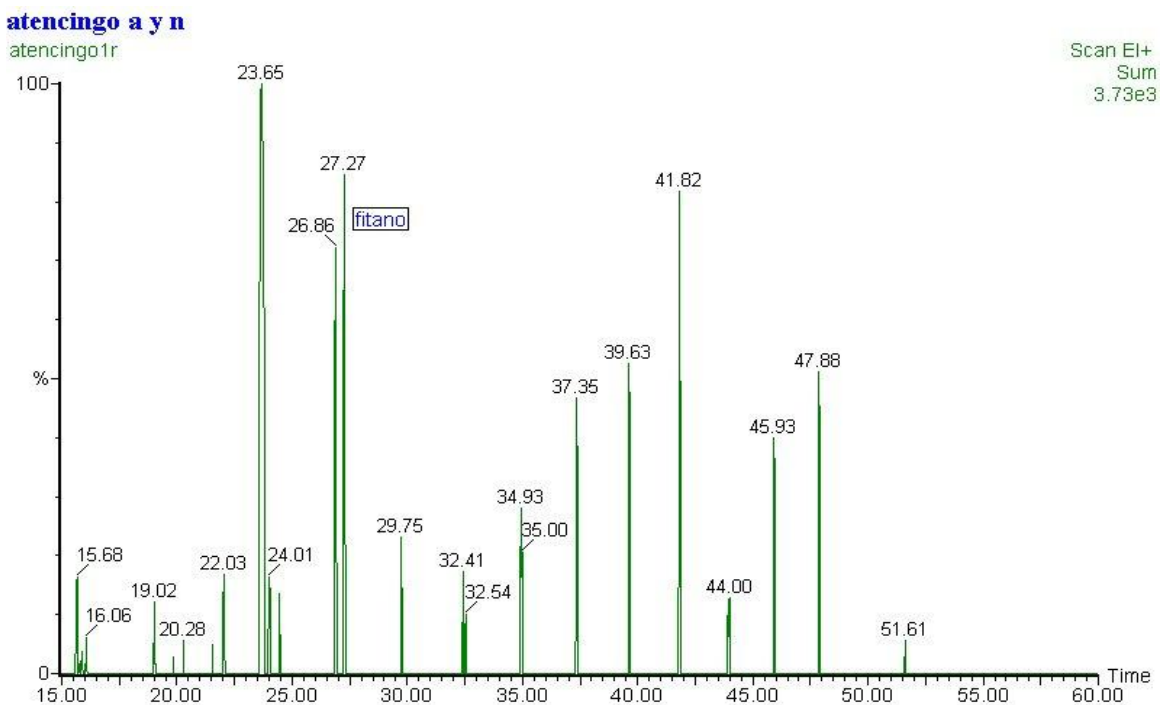
**Figura No. 24. Índices físico-químicos en la planta de Atencingo.**

Los resultados anteriores se ven corroborados por el análisis cromatográfico. El cromatograma de la fracción de ácidos y neutros, que se muestra en la figura No 25, muestra una cantidad considerable de ácidos carboxílicos de baja masa molecular. Como es conocido los ácidos carboxílicos son muy refractarios a la biodegradación, por lo que los niveles de DQO están en correspondencia con lo encontrado por cromatografía.



**Fig. No. 25. Cromatograma de masas de la fracción de ácidos y neutros de planta de Atencingo.**

Otro componente de interés lo constituyen los hidrocarburos, presentes también en este efluente. A juzgar por el cromatograma de las n-parafinas (figura 26), además de los hidrocarburos de la estructura celular de la caña de azúcar hay hidrocarburos antropogénicos, lo que se evidencia por el isoprenoide fitano y otros hidrocarburos en el rango de un diesel-aceite ligero a juzgar por la no marcada predominancia de las n-parafinas de número de carbono impar características de las plantas superiores.



**Fig. No. 26. Cromatograma de masas de las n-parafinas en efluente planta de Atencingo.**

Con respecto a las cargas de contaminantes aportadas por el efluente del Ingenio Atencingo a la salida del tratamiento, se observa en la tabla 16 un incremento sustancial de Grasas y Aceites, nitrógeno total, materia suspendida y disuelta en época de zafra. Resulta interesante que las cargas de DQO y fósforo total en época de no zafra sean superiores a las de época de zafra, lo que puede estar asociado a la falta de mantenimiento del sistema de tratamiento instalado.

**TABLA NO 16. COMPARACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES APORTADAS EN EFLUENTES DEL INGENIO DE ATENCINGO EN ÉPOCA DE ZAFRA Y NO ZAFRA, EXPRESADAS EN KG/H.**

Epoca	Zafra	No zafra
DQO	0.24	0.39
G/A	0.0022	0.0008
P total	0.0022	0.0023
N total	0.016	0.005
SST	0.017	0.005
SDT	0.58	0.19

Para el efluente de vinaza de la fábrica Bacardí se aprecia que los niveles de concentración de materia orgánica (DQO y DBO), materia suspendida, fósforo total, fenoles, pH, temperatura, grasas y aceites, plomo, cobre y cromo VI resultan muy superiores a los valores máximos permitidos para aguas residuales descargadas directo a aguas superficiales (World Bank, 1997).

**TABLA No 17. EVALUACIÓN DEL EFLUENTE DE VINAZA DE LA FÁBRICA BACARDÍ.**

Punto	Efluente de Vinaza	Valor máximo permitido	Norma México	Unidades
pH	3.93	6 - 9	6 - 9	
COND	3999		100-750	µS/cm
DQO	89800	250		mg/l
G/A	1940	10	Ausencia	mg/l
P TOTAL	2630	5		mg/l
N TOTAL	210			mg/l
Fenoles	380	0.5		mg/l
SST	572	50	50	mg/l
SDT	2000		500	mg/l
T	42.8	> 3 <sup>(a)</sup>	30.0	°C
DBO	113600	50		mg/l
Pb	0.55	0.1		mg/l
Cu	2.66	0.5		mg/l
Zn	1.53	2.0		mg/l
Cd	0.05	0.1		mg/l
Cr VI	13.25	0.1		mg/l
Coliformes totales	nsa	< 400		NMP/100 ml
Coliformes fecales	nsa		1-1000	NMP/100 ml

<sup>(a)</sup> °C por encima de la temperatura del cuerpo receptor.

Con relación a las regulaciones mexicanas que aparecen en la NTE - CCA - 033/91 para aguas de uso agrícola e industrial (Clase D III) tenemos que los niveles de todos los parámetros (excepto coliformes) resultan muy superiores a los establecidos, por lo que no es recomendable su utilización para estos fines sin tratamiento previo, sin estudiar con anterioridad la proporción agua de riego a vinaza que se emplea.

### 2.7.3 Suelos

En los suelos irrigados con vinaza en la zona de La Galarza (cultivo de caña y maíz), durante la campaña del 2001, se aprecia un mayor contenido de materia orgánica en comparación con el suelo tomado como referencia (cultivo de sábila), como se muestra en la gráfica de distribución de nutrientes. El mayor contenido de amonio en la siembra de maíz puede estar dado por la adición de fertilizante complementario.

Con relación a los nitratos el comportamiento es inverso al descrito anteriormente, o sea, que los mayores niveles de concentración de este elemento aparecen en el suelo del cultivo de sábila. Se debe señalar que desde 2 meses antes del período del muestreo en la campaña 2001, la destilería se encontraba parada y por tanto no se estaba irrigando con vinaza. Esto se aprecia en los mayores niveles de fósforo encontrados en la campaña 2002 en los suelos irrigados con vinaza.

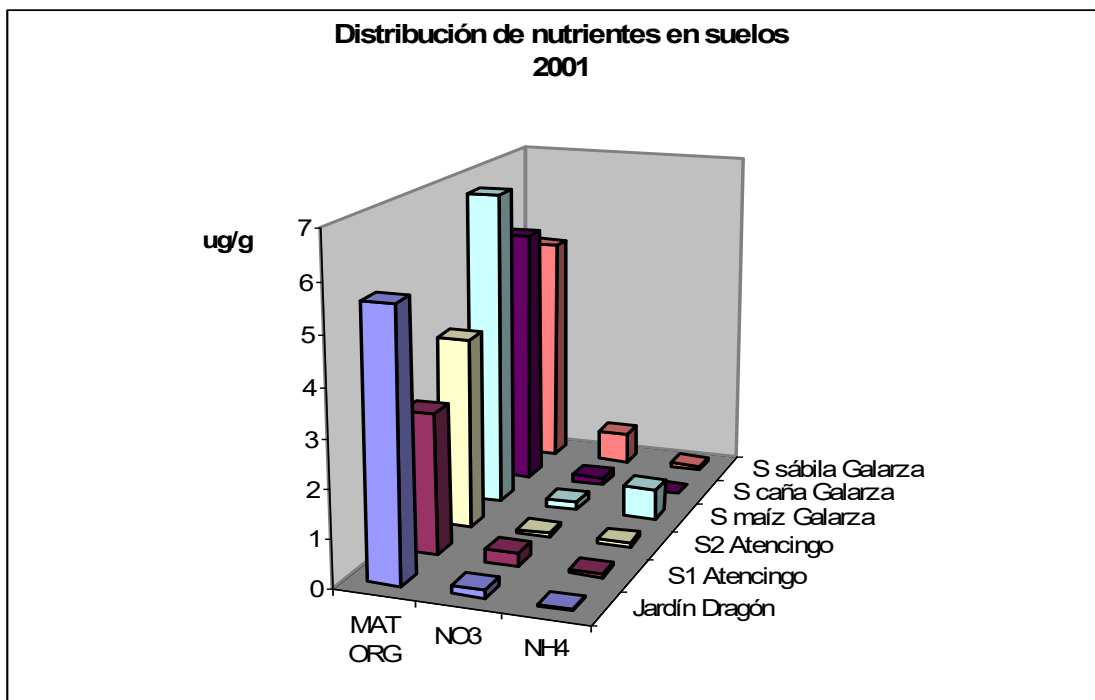
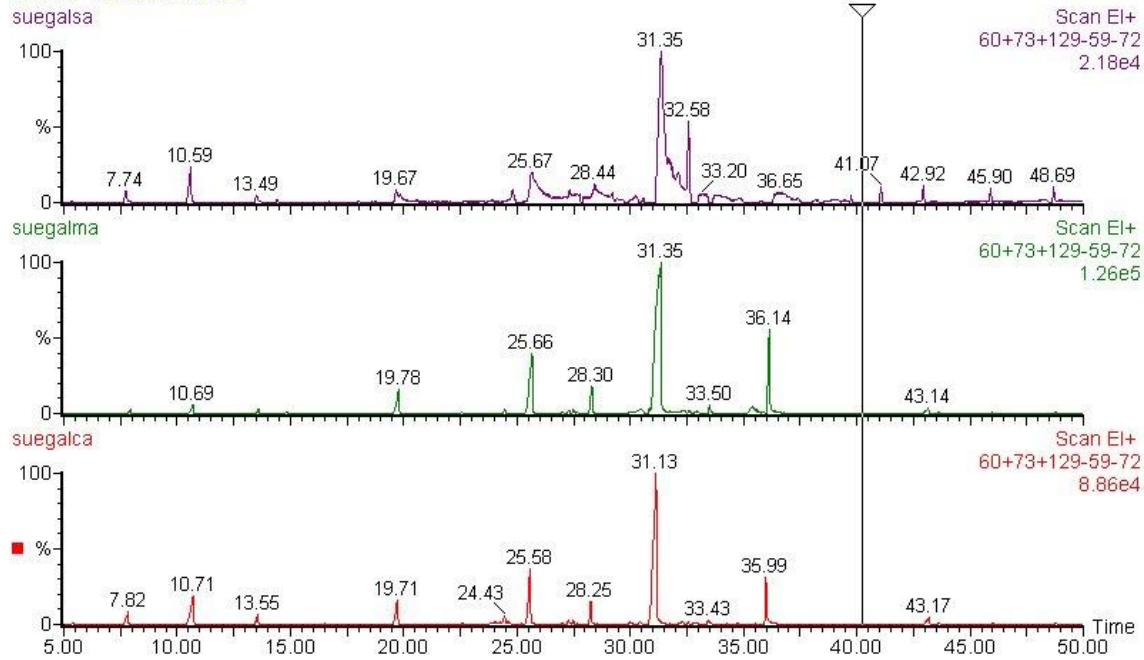


Figura No. 27

En los suelos de la zona de Atencingo (cultivo de caña) se aprecian mayores niveles de amonio, y menores niveles de fósforo disponible y materia orgánica (expresada como % C) comparadas con los suelos de La Galarza empleados en este cultivo. Se puede suponer que este comportamiento sea debido al aporte de fósforo disponible y materia orgánica de la vinaza a estos suelos, lo que a su vez presupone un mayor consumo de nutrientes.

En cuanto al análisis cromatográfico de los suelos, en la Galarza se observa gran cantidad de ácidos orgánicos saturados e insaturados así como sus ésteres, además de amidas, posiblemente de la interacción de fertilizantes nitrogenados y los ácidos orgánicos.

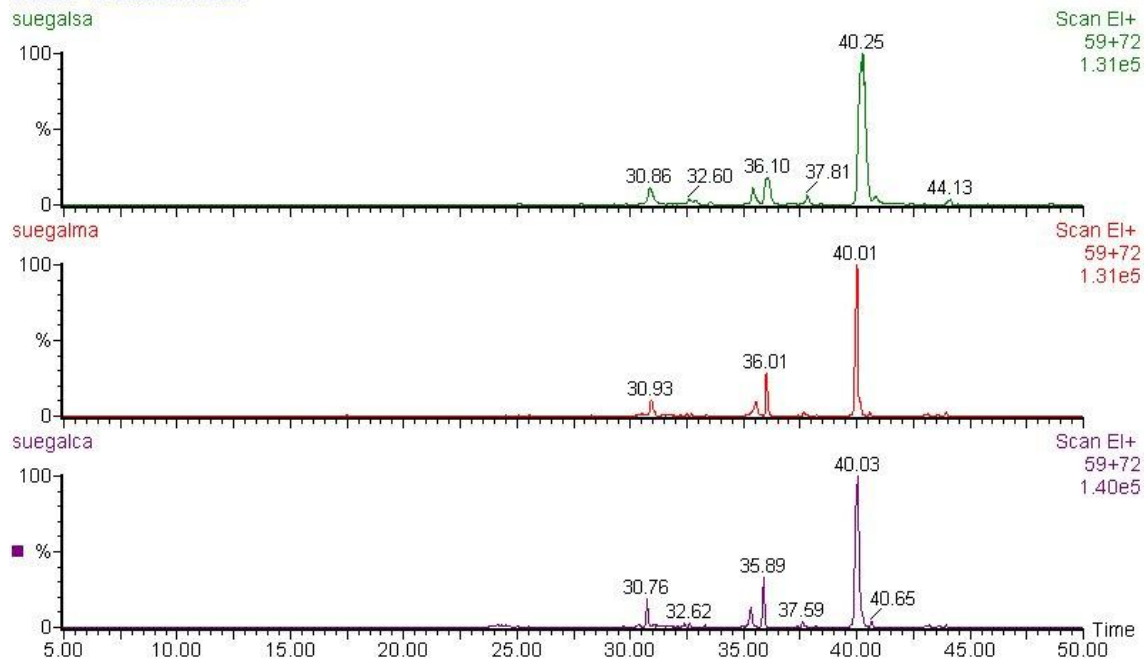
**Suelo Galarza cana**



Acidos orgánicos

**Fig. No. 28. Cromatograma de masas de ácidos orgánicos en suelos.**

**Suelo Galarza cana**



Amidas

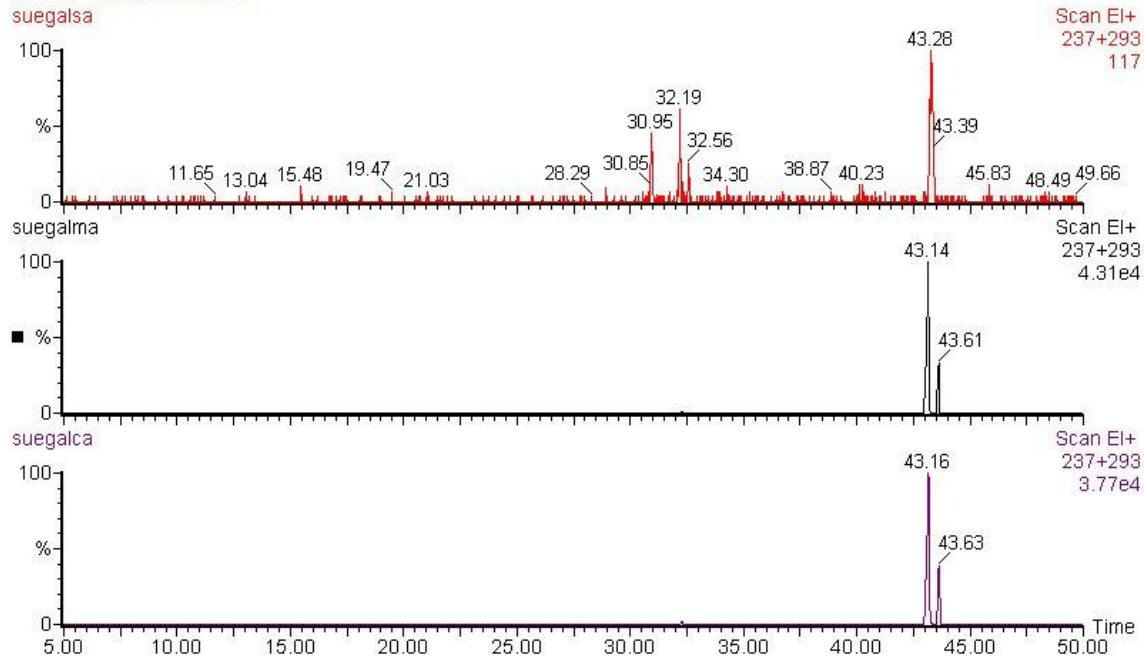
**Fig. No. 29. Cromatograma de masas de amidas en suelos.**

En los suelos regados con vinaza se destaca la mayor presencia de compuestos con estructuras fenólicas, posiblemente derivadas de estructuras lignínicas.

## TITULO

### Suelo Galarza maiz

suegalma

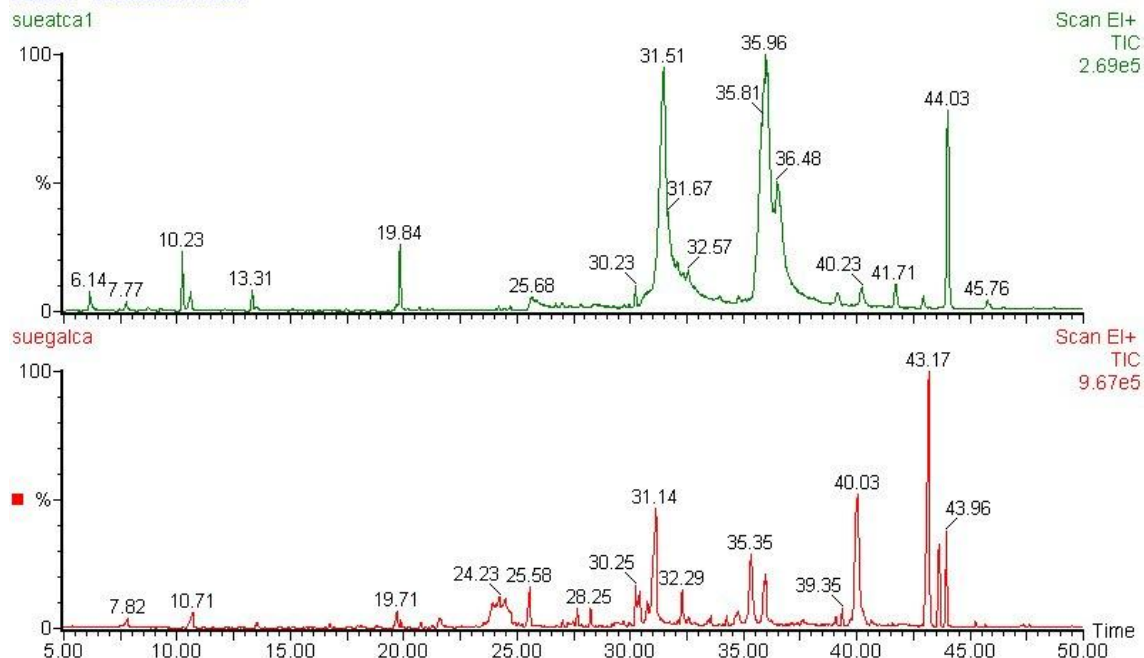


**Fig. No. 30. Cromatogramas de masas de estructuras fenólicas en suelos.**

Este rasgo de los residuos fenólicos es característico de los suelos regados con la vinaza, pues en los suelos de Atencingo no se observan.

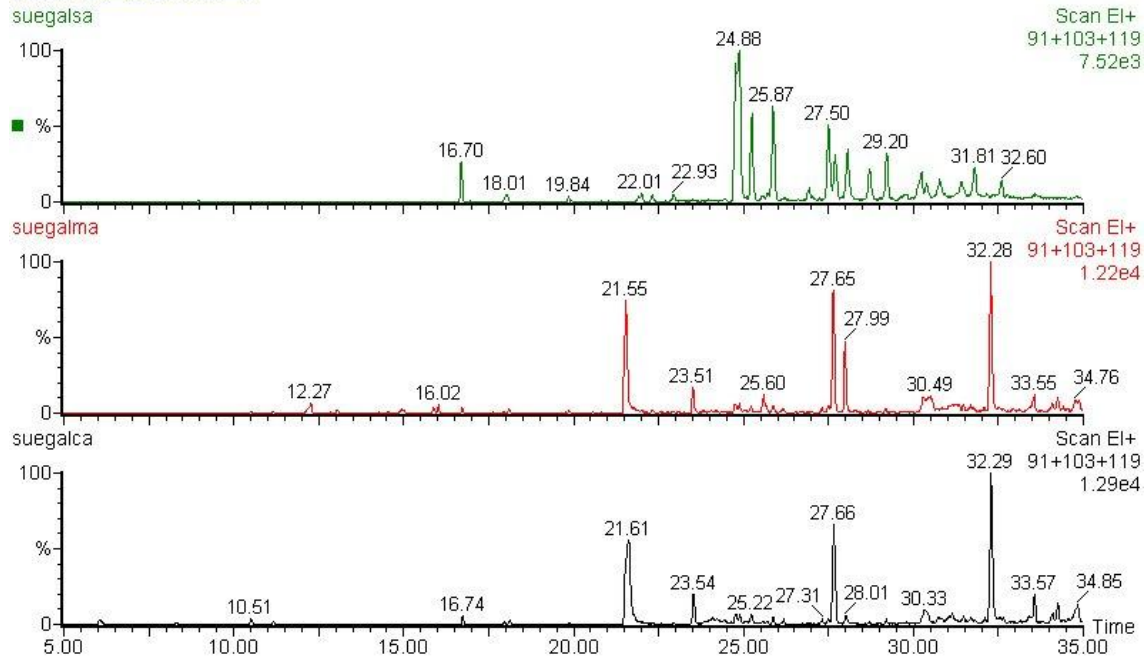
### Suelo Galarza caña

sueatca1



**Fig. No. 31 Comparación de cromatogramas de suelos de Atencingo y La Galarza sembrados con caña en cuanto a las estructuras fenólicas.**

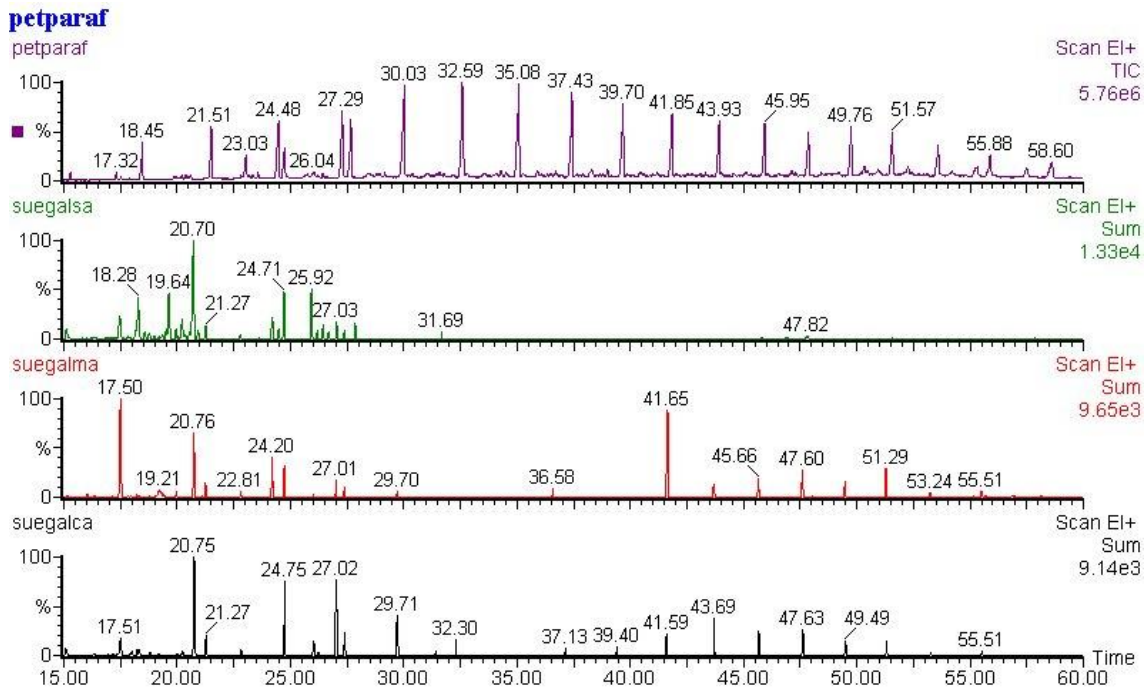
### Suelo Galarza Sabila



**Fig. No. 32. Cromatogramas de masas de otras estructuras fenólicas en suelos.**

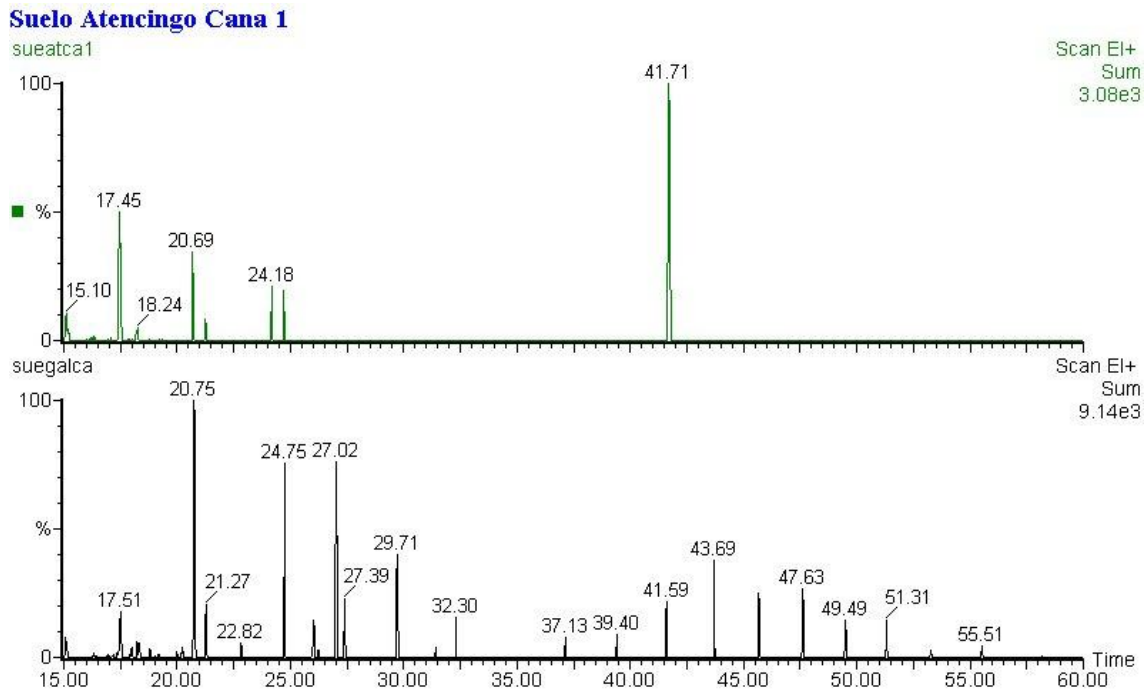
En la figura 32 se ven otros compuestos fenólicos en caña y maíz que no se observan en sábila. Además se ven compuestos aromáticos que se discuten después.

En los suelos de la Galarza se observa contaminación por hidrocarburos de acuerdo al perfil de normales parafinas obtenido por una suma característica de iones (figura 33), donde es evidente una contaminación por un residual tipo diesel degradado y por aceite no tan degradado (no se observa la preponderancia de materia orgánica terrestre). En los suelos de sábila se observa un grupo de compuestos con estructuras orgánicas, que pueden ser de una contaminación con hidrocarburos aromáticos, por lo que se presume contaminación con una fracción tipo keroseno-diesel.



**Fig. No. 33. Cromatogramas de masas de hidrocarburos en suelos.**

En los suelos de Atencingo no se observa esta contaminación por hidrocarburos (fig. 34).



**Fig. No. 34. Comparación de cromatogramas de masas de hidrocarburos en suelos sembrados con caña en Atencingo y la Galarza.**

Lo expuesto corrobora los resultados obtenidos en cuanto a los tenores de materia orgánica y refleja la irrigación con la vinaza.

Los niveles de fósforo disponible en el suelo del jardín de la fábrica de plaguicidas son comparables con los encontrados en el cultivo de caña irrigada con vinaza, y la materia orgánica es superior, según los resultados más recientes.

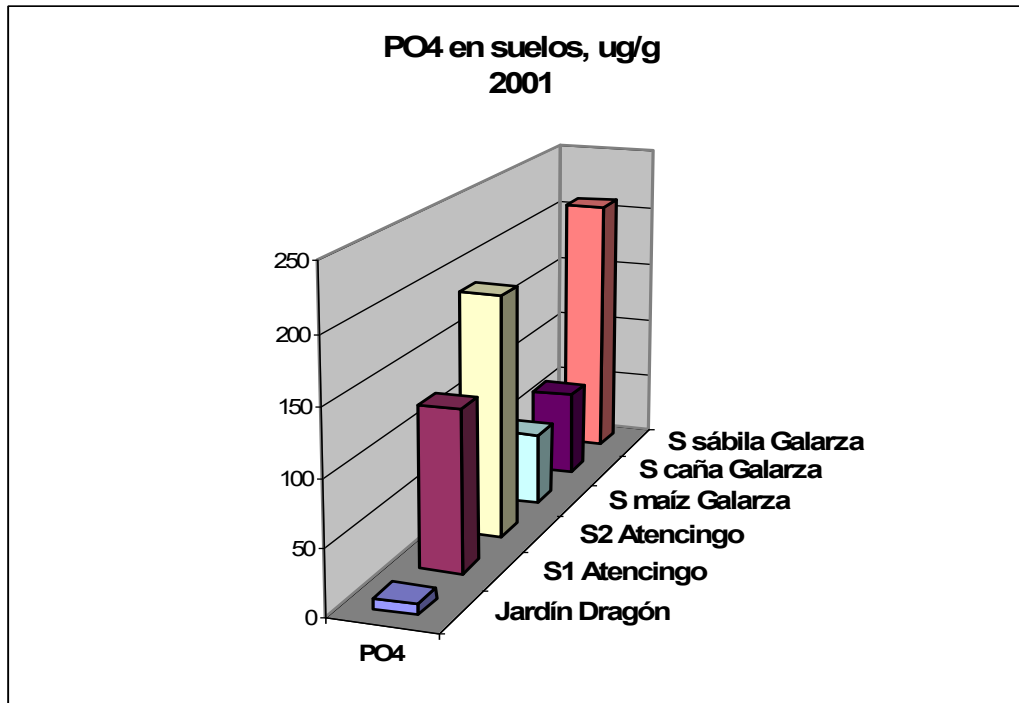
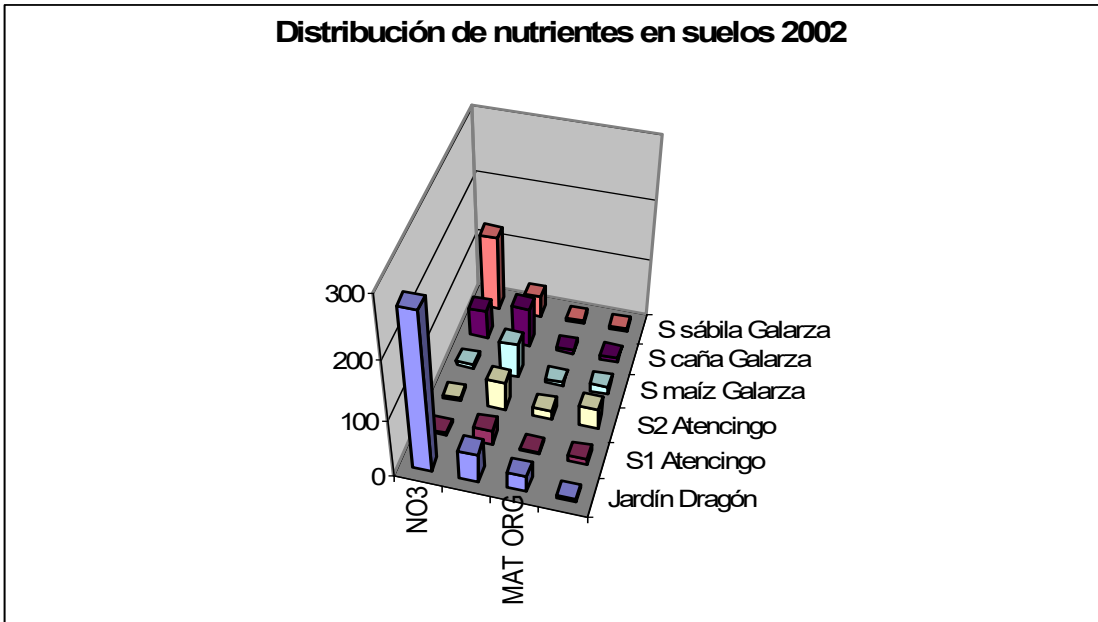


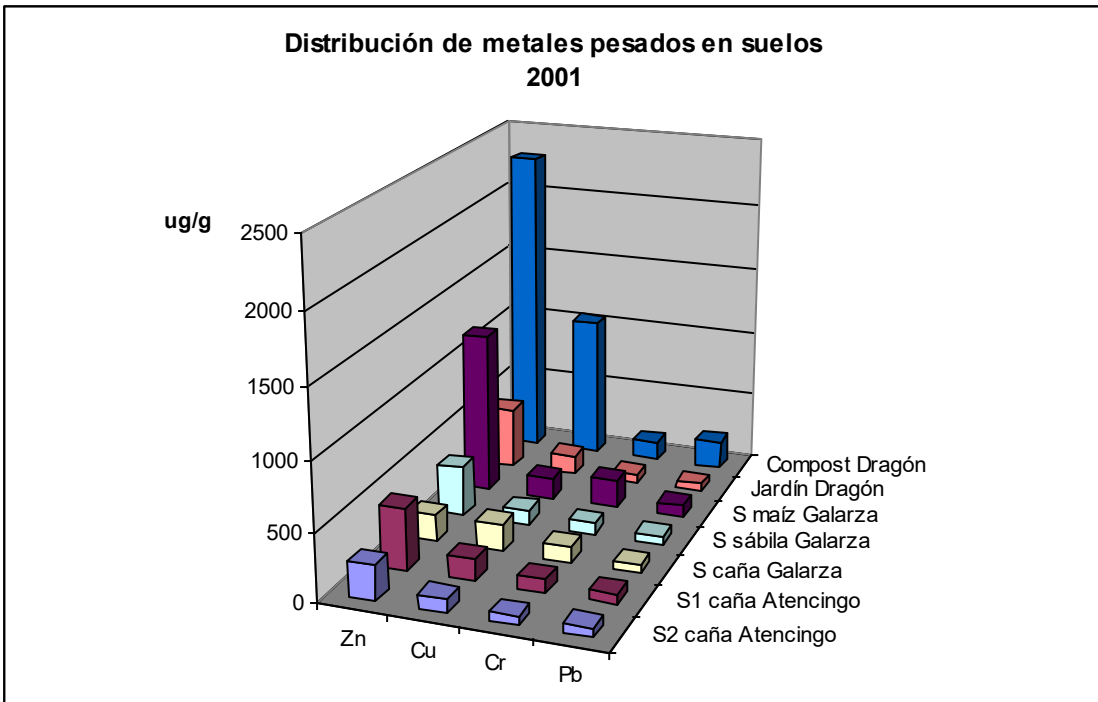
Figura No. 35

Con relación al contenido de metales pesados, se aprecian niveles similares en todos los suelos analizados dentro de determinados rangos para cada elemento, lo que indica que en estos rangos deben estar los niveles bases de estos elementos en la región, excepto los elevados niveles de zinc y cromo en el suelo del cultivo de maíz durante la campaña 2001, que pudiera estar relacionado con el empleo de algún plaguicida. Los niveles actuales de zinc en este suelo son similares debido a que durante la campaña 2002 se estaba utilizando para el cultivo de caña.

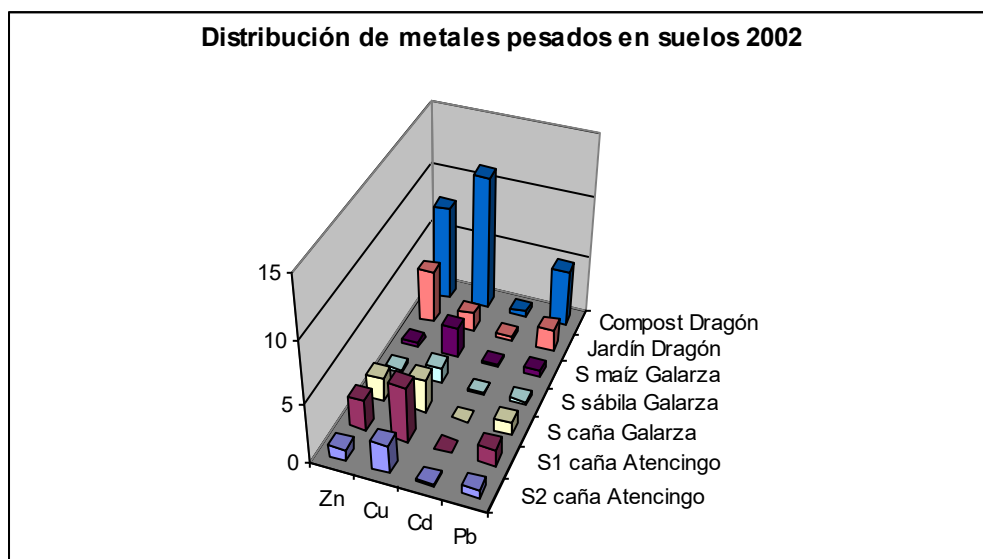


**Figura No 36**

Se debe alertar que el contenido de metales pesados en el compost que produce la fábrica de plaguicidas resulta muy elevado en comparación con los niveles de estos elementos en los suelos estudiados, lo que indica que ocurre una concentración de los mismos en este material, fundamentalmente de zinc y cobre, que lo hace no apto para su incorporación posterior al suelo.



**Figura No.37**



**Figura No. 38**

El efecto de concentración de metales pesados se corrobora con la composición del residuo del lecho de secado de la fábrica de plaguicidas, cuyos niveles resultan superiores a los encontrados en los suelos estudiados y al aplicarle el tratamiento de compost se duplican en este material, según se aprecia en la tabla 38.

**Tabla No. 18. Resultados obtenidos en suelos durante la campaña 2001.**

Punto	Jardín Dragón	Compost Dragón	S1 Atencingo	S2 Atencingo	S maíz Galarza	S caña Galarza	S sábila Galarza	Residuo lecho secado	Suelo agrícola Canadá	Unidades
pH	8.57	7.18	8.29	8.14	8.01	7.34	7.99	7.79	6.00-8.00	
COND	102	592	1257	185	123	714	183	29	2000	μS/cm
M ORG	5.57	30.36	2.96	4.03	6.72	5.51	4.97	13.27		% C
HUMEDAD	18.42	37.88	24.04	17.57	22.27	17.71	17.37	65.34		%
STD	0.025	0.15	0.31	0.05	0.03	0.18	0.04	0.14		%
PO4	7.75	32	124	188	56.5	67	209			ug/g
NO3	0.17	1.33	0.26	0.08	0.17	0.17	0.66			ug/g
NH4	0.025	0.019	0.08	0.09	0.66	0.01	0.09			ug/g
Cu	144	1048	165	103	153	207	108	617	63	ug/g
Pb	63	208	72	68	88	65	61	117	70	ug/g
Zn	453	2292	454	257	1190	199	366	1728	200	ug/g
Cr	68	141	100	62	209	115	84	89	64	ug/g
Fe	791	867	759	740						ug/g

Nota: números en rojo corresponden a la determinación de materia orgánica por el método gravimétrico a 375 °C.

**Tabla No.19 Resultados obtenidos en suelos durante la campaña 2002.**

Punto	Jardín Dragón	Compost Dragón	S1 Atencingo	S2 Atencingo	S maíz Galarza	S caña Galarza	S sábila Galarza	Suelo agrícola Canadá	Unidades
pH	7.76	6.23	7.3	7.33	7.21	6.82	7.33	6.00-8.00	u
COND	189	1460	7016	304	748	1160	136	2000	μS/cm
M ORG	28.12	17.27	3.51	15.74	6.24	6.19	6.22		% C
HUMEDA D	16.57	32.56	18.8	35	21.5	13.3	10		%
STD	0.05	0.36	0.18	0.08	0.19	0.29	0.03		%
PO4	50	40	25	50	67	59	35		mg/kg
NO3	270	3270	4	5.1	48	8.1	127		mg/kg
NH4	4.25	2.7	8.35	34.5	7.5	13.1	5.55		mg/kg
Cu	1.6	11.2	4.7	2.4	2.8	2.5	1.4	63	mg/kg
Pb	1.9	4.8	1.4	0.7	1	0.5	0.3	70	mg/kg
Zn	4.4	7.9	2.6	1	2	0.4	0.3	200	mg/kg
Cd	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	64	mg/kg
G/A	3096	23190	5322	4699	8967	6453	8394		mg/kg

Se debe señalar los niveles elevados de nitratos, de grasas y aceites en el suelo del jardín de la planta de herbicidas y en el compost en la campaña 2002, que pueden estar asociados a compuestos tóxicos de la formulación de plaguicidas.

#### **2.7.4 Aire ambiente.**

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos de partículas en aire ambiente de zonas habitadas en la localización de estas industrias. Para la zona donde se localizan la Mezcladora de Fertilizantes, la Calera 1 (Alchichica) y la Calera 2 (mediciones tomadas en Rancho Juanito) se observa que los niveles de concentración de partículas encontrados son mínimos, comparables con los que aparecen en la UTIM, tomada como referencia de aire limpio en la zona. Esto es válido para las condiciones meteorológicas evaluadas de rapidez y dirección de vientos durante las horas de muestreo.

**Tabla No. 20. Partículas en aire ambiente**

Fecha	Hora	Localización	PM 1.0	PM 2.5	PM 7.0	PM 10.0	PST
m/d/a	H:m:s		mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
08/28/2002	09:45:53	UTIM	0.001	0.005	0.005	0.006	0.006
08/28/2002	09:48:48	UTIM	0	0.001	0.002	0.002	0.002
09/04/02	10:44:29	Fert	0	0	0.001	0.001	0.001
09/04/02	11:04:30	Fert	0	0	0	0	0
09/04/02	11:07:09	Fert	0	0	0.001	0.001	0.001
09/04/02	11:09:42	Fert	0	0	0.001	0.001	0.001
09/04/02	11:12:11	Calera 2	0	0	0.001	0.001	0.001
09/04/02	11:15:05	Calera 2	0	0	0.001	0.001	0.001
09/04/02	11:19:28	Calera 2	0	0.001	0.001	0.001	0.001
09/04/02	11:47:48	Calera 2	0	0	0	0	0
09/04/02	12:00:50	Calera 1	0	0	0	0	0
09/04/02	12:05:04	Calera 1	0	0.001	0.001	0.001	0.001
09/04/02	12:14:14	Calera 1	0	0	0	0	0
09/04/02	13:48:27	P Caolín	0	0	0	0	0
09/04/02	13:51:03	P Caolín	0.002	0.009	0.011	0.011	0.011
09/04/02	13:54:49	P Caolín	0	0.005	0.006	0.006	0.006
09/04/02	13:59:48	P CaCO <sub>3</sub>	0	0.002	0.002	0.002	0.002
09/04/02	14:03:36	P Formulac	0	0.001	0.002	0.002	0.002
09/04/02	14:07:02	P Herbic	0	0.001	0.001	0.001	0.001

PM material particulado por fracciones

PST partículas suspendidas totales

En la fábrica de plaguicidas, los mayores niveles de partículas en áreas de trabajo aparecen en la planta de caolín, lo cual resulta significativo por estar constituidas por las fracciones más pequeñas (PM 1.0 y PM 2.5). Los niveles de concentración encontrados dentro de las plantas de carbonato de calcio y de formulación de insecticidas, así como en el aire exterior de la planta de herbicidas resultan comparables con los que aparecen en la UTIM, tomada como referencia de aire limpio en la zona.

### 2.7.5 Emisiones Industriales.

Las emisiones de las calderas del Ingenio Atencingo durante la operación normal con combustible (bagazo de caña + combustóleo) se dan en la tabla 13, comparados con las concentraciones máximas admisibles para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos, o cualquiera de sus combinaciones, según la norma mexicana NOM-085-ECOL-1994.

Se puede apreciar que los niveles de partículas en todas las calderas resultan superiores a la norma de referencia, dado por las emisiones de partículas suspendidas de bagacillo que no llegan a alcanzar la combustión y pueden afectar a la comunidad poblacional de la zona por su deposición seca. En términos de emisión alcanzan entre todas una cifra de 617 kg/h, lo cual resulta significativo por su magnitud y denota poca eficiencia de los sistemas de control de partículas instalados en 2 de estas calderas.

**Tabla No. 21. Emisiones de las calderas del Ingenio de Atencingo.**

	Calderas				CMA		Unidades
	1	2	3	4	Combustibles sólidos	Combustibles líquidos	
Partículas	558	558	415	386	350	350	mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	56	71	22	95	2200	2200	ppm
NO <sub>x</sub>	112	106	90	95	375	375	ppm
CO	0.10	-	-	-	-	-	%
CO <sub>2</sub>	6.60	-	-	-	-	-	%
Emisión	184	179	132	122	-	-	kg/h
Flujo	330107	321786	316756	316516	-	-	Nm <sup>3</sup> /h
EA	94	60	74	340	25	25	%

Con relación a los contaminantes SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, los niveles emitidos se encuentran dentro de las regulaciones existentes para estos combustibles. El exceso de aire utilizado en la combustión en todos los casos es muy superior al que aparece en la norma.

**Tabla No.22 Comparación de emisiones de las calderas para combustibles diferentes.**

	bagazo + combustóleo				bagazo + residuos				Unidades
	1	2	3	4	1	2	3	4	
SO <sub>2</sub>	15.7	4.28	51.5	4.8	83.6	155.4	25.0	88.9	ppm
NO <sub>x</sub>	39.4	13.21	25.1	17.7	19.0	28.7	18.5	20.3	ppm
CO	157	80	369	96	150	221	184	535	ppm
CO <sub>2</sub>	11.86	3.13	6.7	4.3	5.7	8.2	4.9	4.4	%
O <sub>2</sub>	11.30	18.12	15.1	17.0	15.4	13.1	16.3	16.6	%

La tabla No. 22 nos muestra un estudio comparativo realizado en estas calderas donde se emplearon bagazo + combustóleo (durante la operación normal con combustible) y bagazo + residuos de aceites lubricantes gastados mezclados con bagacillo, guantes y estopas impregnadas con aceite (durante la operación en reciclaje con combustible). En general se observa un incremento de los niveles de concentración de SO<sub>2</sub> cuando se empleó bagazo + residuos como combustible, lo cual no es significativo si se comparan estos valores con las concentraciones máximas admisibles para fuentes fijas que aparecen en la norma de referencia. El resto de los parámetros se comportan de forma similar con ambos combustibles y cumplen con las regulaciones mencionadas.

De acuerdo a estos resultados, la combustión de estos residuos mezclados con bagazo brinda una solución tecnológica racional para la eliminación de los mismos, a la vez que se reciclan en el proceso en forma de energía.

En la figura No. 39 se muestra de forma gráfica el comportamiento de las emisiones de las calderas durante el estudio comparativo empleando bagazo + combustóleo y bagazo + residuos, y en general se observan comportamientos similares para ambos combustibles.

La modelación de la dispersión de las emisiones de las calderas del Ingenio Atencingo para el SO<sub>2</sub> y las partículas se muestran en la tabla 15, donde se observa que las concentraciones máximas resultan

inferiores a los valores máximos admisibles de ambos contaminantes para puntos habitados que establece la OMS ( $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y ocurren a más de 1 km de distancia de las fuentes emisoras. En anexos aparecen los datos fundamentales de las corridas del modelo SCREEN para cada chimenea.

**Tabla No. 23. Resumen de resultados del Modelo SCREEN.**

	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>Partículas</b>	<b>Distancia</b>
Calderas	C <sub>máx.</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C <sub>máx.</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	(m)
1	31.48	120	1037
2	38.55	128	1037
3	13.11	93	1008
4	56.36	88	1008

# COMPORTAMIENTO DE EMISIONES DE CALDERA DEL INGENIO DE ATENCINGO

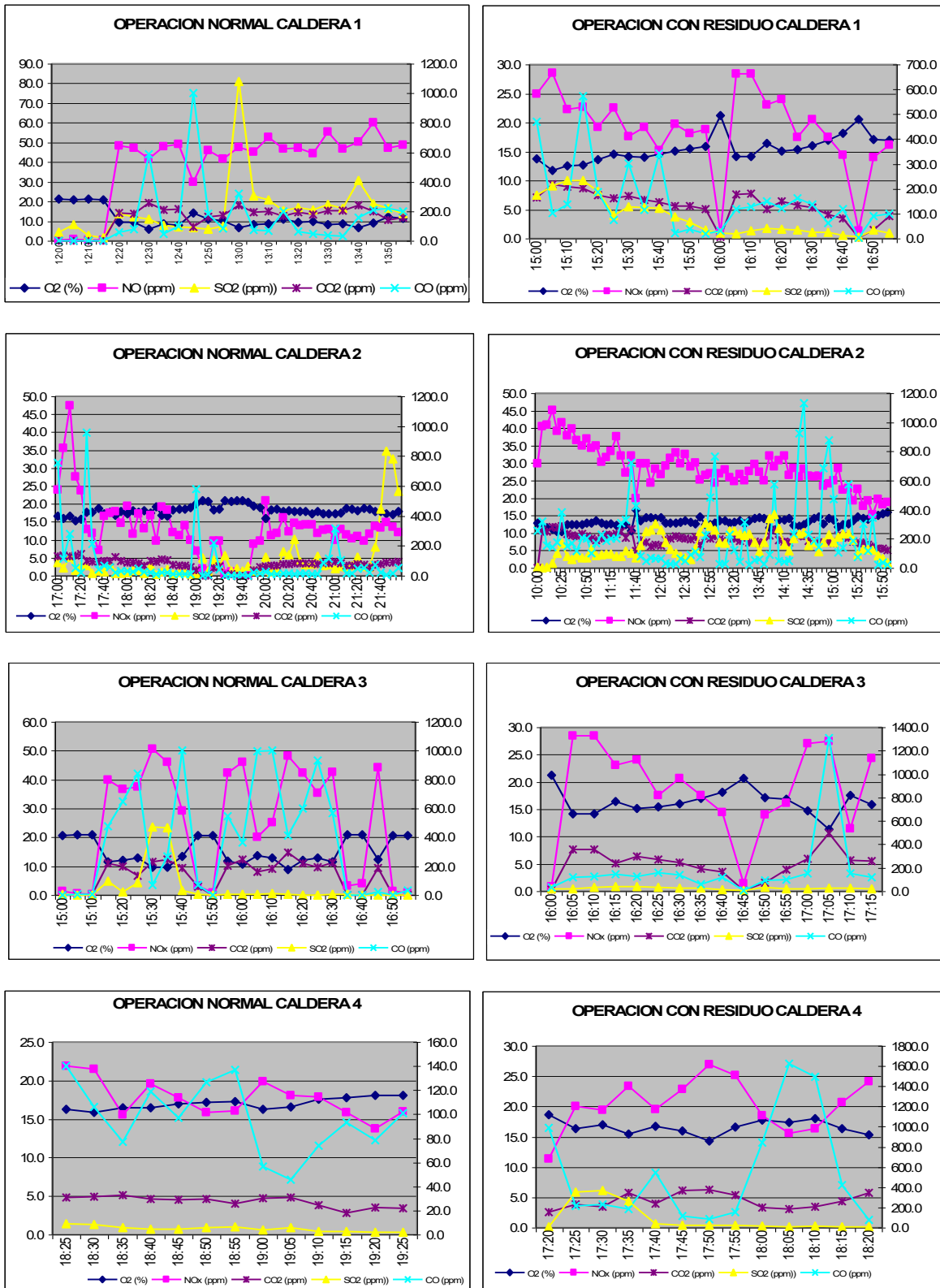


Figura No 39

## 2.7.6 Emisiones por quema de caña de azúcar.

### Monitoreo en Exteriores

En los siguientes gráficos se muestran los valores de las concentraciones del material particulado obtenidos de los monitoreos dentro de la época de zafra.

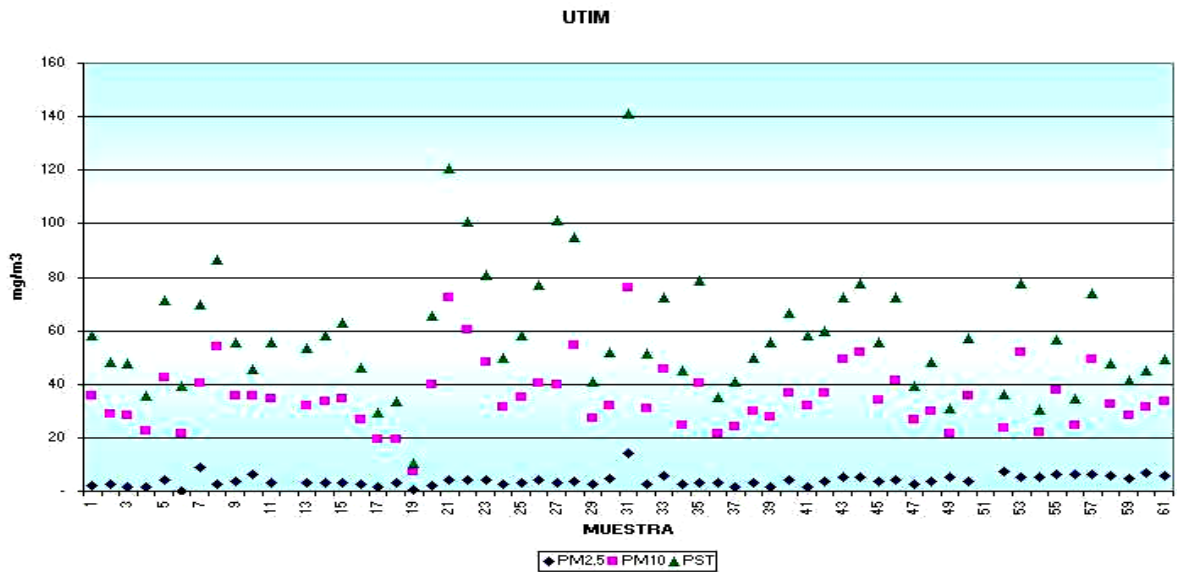


Figura No. 40 Gráfico de concentración de material particulado en la UTIM.

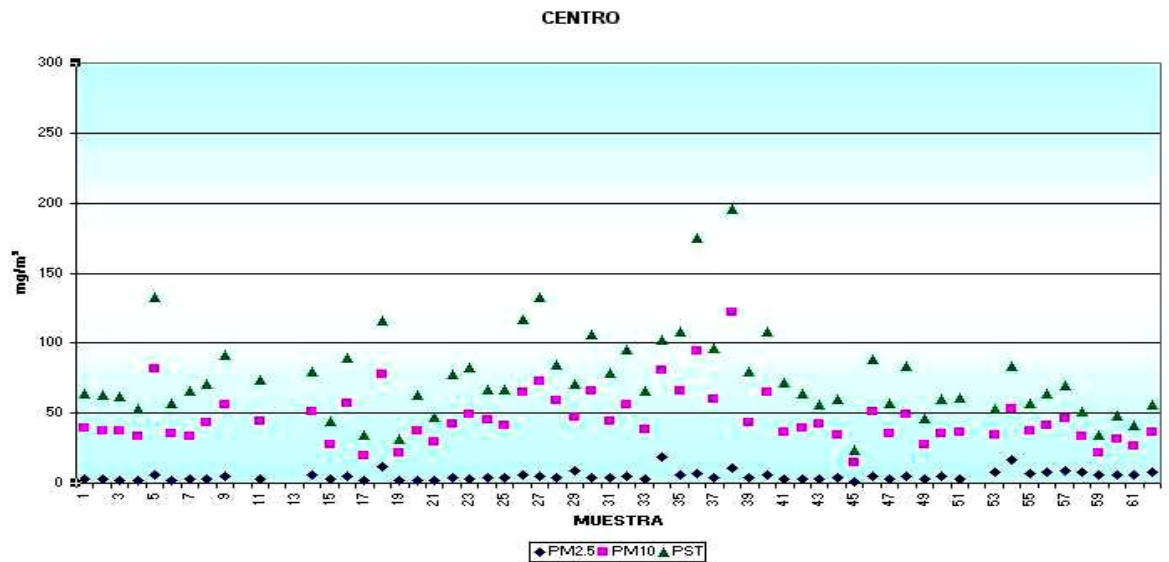
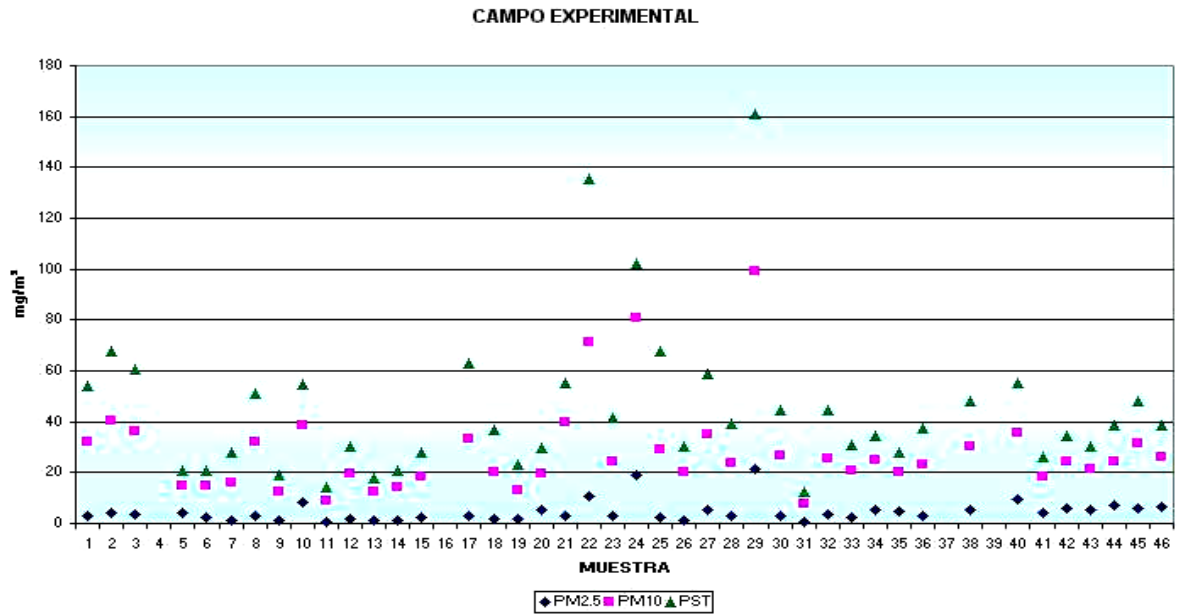
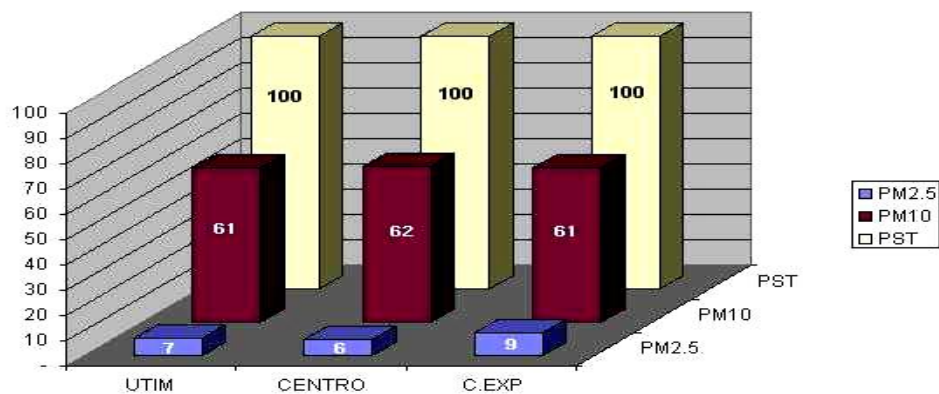


Figura No. 41. Gráfico de concentración de material particulado en el Centro.



**Figura No 42. Gráfico de concentración de material particulado en el Campo Experimental.**

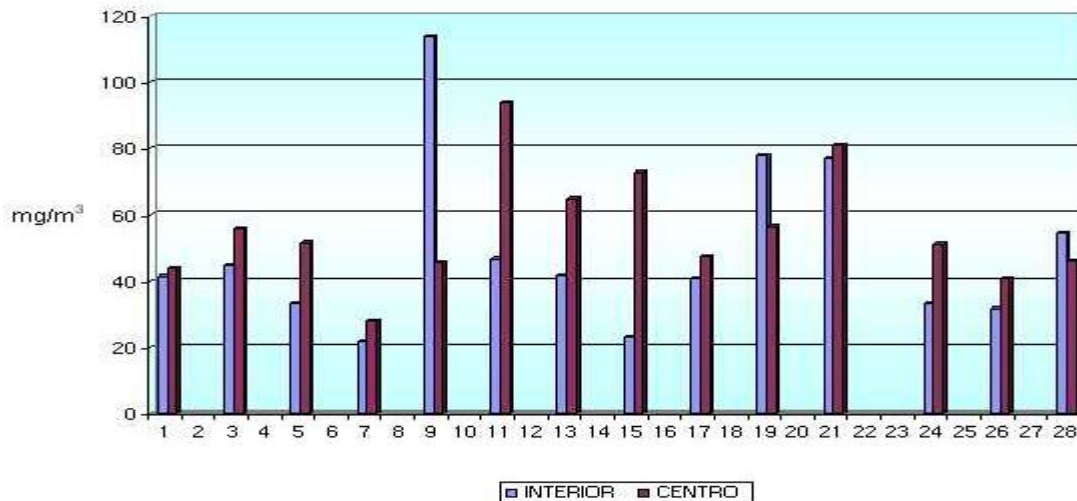
En las gráficas se puede observar que a diferencia del centro de Izúcar de Matamoros, la composición del material particulado es principalmente de partículas PM10. La homogeneidad en cuanto al tamaño de partícula en los dos puntos de muestreo, UTIM y Campo Experimental, es debida a que el material particulado en su mayoría está conformado por cenizas, ya que su principal fuente es la quema de campos de caña, y debido a que la ceniza se caracteriza por tener un diámetro de aproximadamente este valor, da por resultado que la concentración de PM10 en las PST sea elevada. Esto hace que el material particulado suspendido total en estas zonas tenga mayor probabilidad de tener afección sobre la salud de los pobladores y trabajadores de esa zona.



**Figura No. 43. Distribución de partículas en función del tamaño y lugar.**

### Monitoreo en Interiores.

El monitoreo en Interiores se desarrollo en el Centro Escolar de Izúcar de Matamoros, ubicado dentro de la zona 1. La toma de muestras se realizó durante el funcionamiento de la misma obteniéndose los siguientes resultados:



**Figura. No. 44 Comparación de la concentración de PM10 de interiores y exteriores de la zona 1.**

Los resultados del estudio se ven afectados indiscutiblemente, por la programación de la quema de los campos de caña. Para analizar la variación en las concentraciones del material particulado se realizó un análisis de las emisiones en función del área cosechada, para lo cual se examinó la programación de cosecha y se seleccionó el ejido en función del mes.

En la siguiente tabla se muestran los ejidos cercanos al área de estudio, las celdas sombreadas son aquellas que por su ubicación y temporada tienen afectación en el área de estudio. En esta selección se tomó en cuenta la dirección del viento en el mes de interés.

Una vez seleccionado el ejido y mes de interés se suma en función del mes. Como se observa, el mes que presenta mayor carga de emisión es el mes de marzo, seguido por febrero y abril.

**TABLA No. 24. PROGRAMA DE QUEMA DE CAMPOS DE CAÑA, 2003**

<b>Ejido</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
P.P. MATAMOROS	10,710.00	9,123.00	7,858.00	13,434.00	8,494.00	9,659.00
P.P. IMPA	-	122.00	291.00	503.00	-	-
P.P. FRACC. MATAMOROS	6,706.00	7,800.00	4,915.00	4,940.00	3,398.00	500.00
MATZACO	1,981.00	3,994.00	2,892.00	3,561.00	2,075.00	150.00
P.P. MATZACO	2,126.00	400.00	1,260.00	420.00	915.00	105.00
AYUTLA	15,349.00	1,242.00	12,232.00	18,037.00	1,638.00	-
P.P. AYUTLA	1,987.00	188.00	-	736.00	-	-
SAN CARLOS	-	100.00	-	-	-	-
COLUCAN	3,465.00	2,879.00	4,299.00	4,675.00	4,888.00	2,703.00
XUCHAPA	-	1,446.00	3,974.00	4,554.00	3,366.00	1,610.00
PUCTLA	34.00	1,915.00	3,118.00	717.00	2,524.00	242.00
P.P. PUCTLA	877.00	1,015.00	2,268.00	747.00	85.00	1,652.00
SN. NICOLAS TOLENTINO	11,316.00	15,169.00	19,532.00	14,006.00	11,233.00	2,403.00
ZOLOQUIAPAN	3,925.00	5,745.00	5,083.00	3,604.00	3,935.00	664.00
MATAMOROS	528.00	622.00	470.00	-	-	100.00
CASA BLANCA	120.00	3,677.00	2,594.00	2,033.00	2,207.00	645.00
COLON	10,423.00	8,053.00	5,973.00	6,966.00	3,215.00	1,982.00
CHIETLA	1,350.00	3,560.00	4,130.00	2,367.00	4,549.00	2,636.00
P.P. CHIETLA	1,191.00	1,935.00	1,967.00	2,860.00	1,349.00	692.00
PUEBLO NUEVO	187.00	1,481.00	144.00	1,943.00	-	150.00
P.P. CHIETLA	775.00	1,332.00	206.00	1,392.00	768.00	643.00
P.P. ATZALA	3,806.00	3,915.00	410.00	724.00	3,043.00	165.00
ATZALA	7,799.00	3,582.00	9,419.00	5,020.00	4,064.00	637.00
TEMAXALAPA	-	-	1,132.00	650.00	1,720.00	860.00
CHIETLA	1,350.00	3,560.00	4,130.00	2,367.00	4,549.00	2,636.00
ATENCINGO	9,972.00	17,261.00	13,538.00	12,654.00	16,441.00	7,389.00
P.P. CPO. DE ABAJO	-	104.00	1,377.00	-	-	-
JALTEPEC	11,665.00	10,331.00	10,029.00	12,264.00	14,839.00	8,123.00
ESC. LAGUNILLA	11,445.00	17,901.00	20,333.00	15,910.00	9,929.00	8,372.00
DON ROQUE	200.00	750.00	2,665.00	2,571.00	1,679.00	-
BUENAVISTA	-	-	370.00	60.00	160.00	-
LA SOLEDAD	-	-	-	-	-	100.00
TLACUALPICAN	-	2,160.00	1,953.00	1,227.00	1,177.00	140.00
HUEHUETLAN	-	160.00	-	-	80.00	2,665.00
AHUECHUETZINGO	5,200.00	6,508.00	6,154.00	2,385.00	3,558.00	238.00
AXOCHIAPAN	4,897.00	11,668.00	5,649.00	5,535.00	4,902.00	1,685.00
LAGUNILLAS DE RAYON	96.00	140.00	751.00	1,814.00	1,539.00	-
TLALAYO	-	390.00	1,636.00	-	2,058.00	-
TZOMPAHUACAN	80.00	858.00	60.00	-	-	-
SANT ANA	230.00	485.00	7,184.00	-	-	-
Total	129,790.00	151,571.00	169,996.00	150,676.00	124,377.00	59,546.00
	<b>DICIEMBRE</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
	47,282.00	57,551.00	98,863.00	106,216.00	82,967.00	43,317.00

En la siguiente gráfica se muestran los valores de PM10 obtenidos en la estación de monitoreo “Ninfas” de la red estatal de monitoreo de la ciudad de Puebla, la cual está ubicada al sur de la ciudad y por lo tanto las concentraciones de material particulado que esta estación registre serán muy cercanas a la concentración de fondo de la ciudad de Puebla, ya que se considera que las emisiones propias de la ciudad no influirán significativamente en las lecturas obtenidas en esta estación.

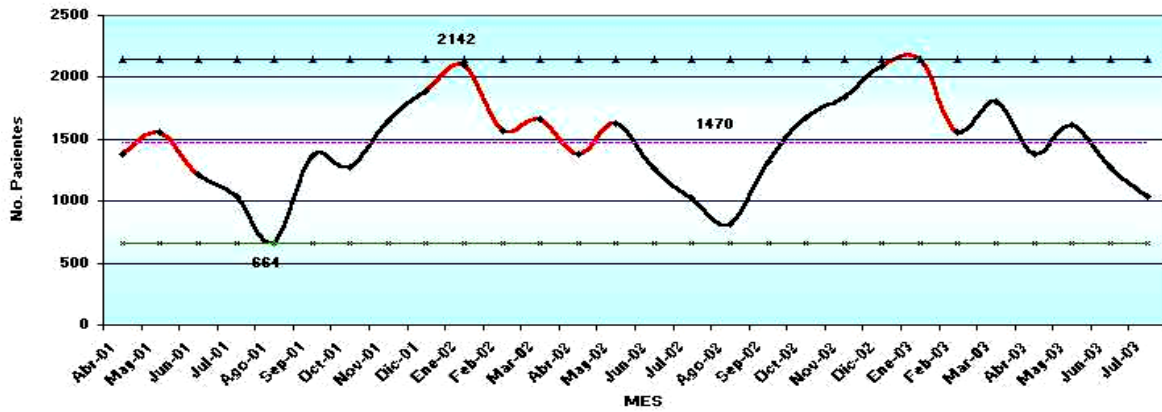


**Figura No. 45. Concentración de PM10 en el sur de Puebla**

Como se observa las concentraciones de PM10 presentan un incremento durante los meses correspondientes al periodo de zafra en Izúcar de Matamoros, por lo que se infiere que la concentración de material particulado respirable en Puebla posiblemente esta siendo influido además, por emisiones de la quema de caña del municipio de Izúcar de Matamoros.

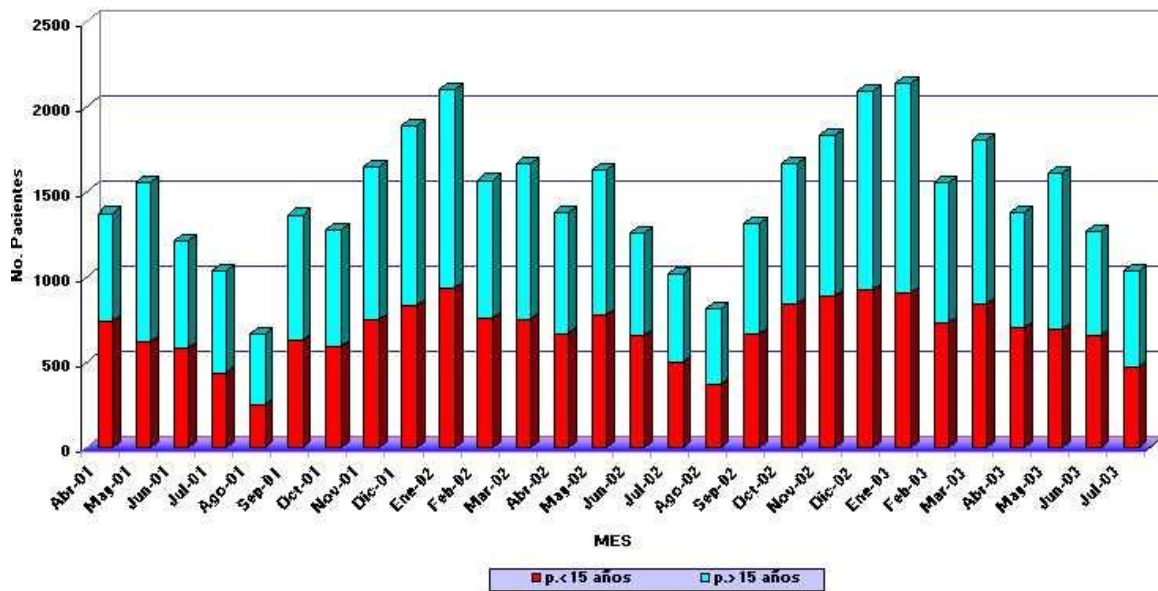
### **Frecuencia de enfermedades respiratorias.**

Los datos de la frecuencia de enfermedades respiratorias registrados por los centros de salud en Izúcar de Matamoros (IMSS Unidad: 22080120211, subsección UMF/H No.24 I. de Matamoros, Puebla, SSA Unidad: 21070850001, Sc. Hosp.. Gral. SSA de I. de Matamoros, Puebla), muestran que durante el periodo de zafra (diciembre-mayo), los valores se mantienen aproximadamente en el mismo nivel, los valores de registrados en estas temporadas son en su mayoría superiores a la media anual (1506 pacientes).



**Figura No. 46. Incidencia de enfermedades respiratorias presentes en Izúcar de Matamoros**

En la siguiente gráfica se muestra la distribución de la población con padecimientos respiratorios, en la cual se observa que aproximadamente el 46% son menores de 15 años.



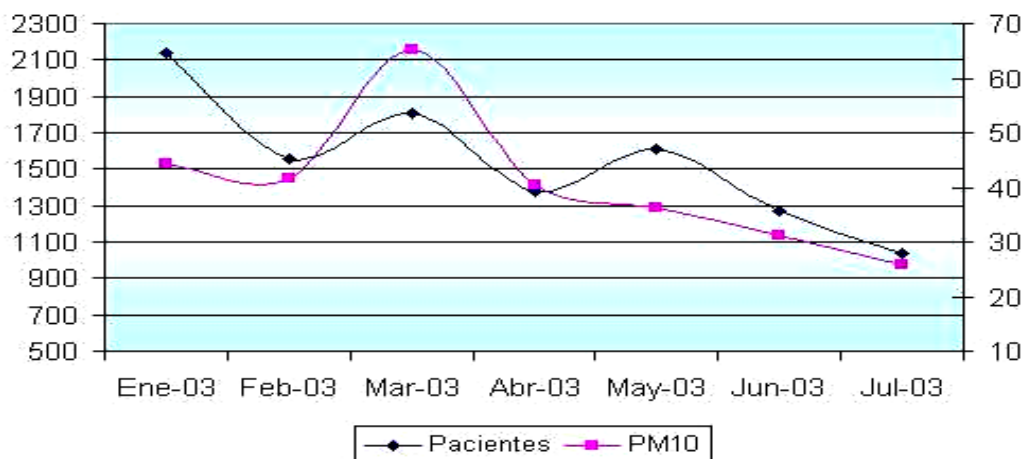
**Figura No. 47. Gráfica comparativa de incidencia de enfermedades respiratorias en pacientes menores de 15 años y mayor de 15 años.**

**TABLA No. 25 FRECUENCIA DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS**

Frecuencia de enfermedades respiratorias						
	-1	"1-4	"5-9	"10-14	p.<15 años	p.>15 años
Abr-01	172	272	166	130	740	635
May-01	144	250	132	94	620	933
Jun-01	91	241	155	97	584	629
Jul-01	131	142	87	79	439	596
Ago-01	52	86	65	44	247	417
Sep-01	163	205	131	126	625	741
Oct-01	152	227	118	91	588	691
Nov-01	194	275	154	128	751	897
Dic-01	186	325	166	158	835	1056
Ene-02	118	415	235	170	938	1164
Feb-02	114	357	143	148	762	808
Mar-02	145	296	159	154	754	851
Abr-02	132	244	165	130	671	707
May-02	120	314	171	169	774	859
Jun-02	114	244	145	156	659	599
Jul-02	94	194	109	103	500	521
Ago-02	73	147	77	70	367	449
Sep-02	123	285	148	113	669	646
Oct-02	229	244	159	207	839	831
Nov-02	214	329	190	152	885	950
Dic-02	200	317	233	174	924	1169
Ene-03	124	424	235	121	904	1238
Feb-03	104	346	128	153	731	823
Mar-03	153	311	167	213	844	962
Abr-03	152	258	166	131	707	671
May-03	132	282	152	132	698	912
Jun-03	103	243	147	162	655	614
Jul-03	112	168	98	91	469	564

Como se observó en las gráficas anteriores, la incidencia de las enfermedades respiratorias varía en función de los meses, al igual que la concentración de material particulado. Este comportamiento puede ser causado por la variación de clima y así como de la proporción en la que se realiza la cosecha.

En la siguiente gráfica se compara el comportamiento de la incidencia de enfermedades respiratorias con la concentración de partículas PM10 obtenidas en la zona 1.



**Figura No. 48 Concentración de PM10-Enfermedades respiratorias.**

**TABLA No. 26 ENFERMEDADES RESPIRATORIAS DEL 2002**

Fecha	Pacientes	PM10
Ene-02	2142	44.261
Feb-02	1554	41.775
Mar-02	1806	65.367
Abr-02	1378	40.534
May-02	1610	36.249
Jun-02	1269	31.29
Jul-02	1033	25.76

En la gráfica se observa que el incremento de la incidencia de enfermedades respiratorias muestra una relación directa con el incremento de la concentración de material particulado durante la cosecha de caña.

#### 4. CONCLUSIONES

1. El río Nexapa incrementa los niveles de materia orgánica (DQO), fenoles, fosfatos, amonio, nitritos, materia suspendida, cromo, hierro y zinc, así como disminuye el oxígeno disuelto al incorporarse las descargas de la ciudad.
2. Los niveles de nitratos encontrados en la estación de San Martín de Alchichica pueden estar asociados al uso de fertilizantes en la zona que sufren escurrimiento hacia el río.
3. El incremento de los niveles de cromo en la estación de Puctla en la campaña 2001, una vez que el río cruza la ciudad, parece indicar la presencia de una descarga puntual, más que la presencia de una nueva fuente industrial en la zona.
4. Los niveles de sólidos disueltos y la conductividad en las aguas utilizadas para riego de caña en la zona de Atencingo son superiores a los límites permisibles para aguas de uso agrícola en las regulaciones mexicanas.

5. Los niveles actuales de materia orgánica en las aguas del río en las estaciones de San Martín de Alchichica y Puctla se incrementaron en casi 4 veces en ambas estaciones con relación a los obtenidos en los dos últimos años, resaltando además el incremento excesivo de fosfatos en la estación de Puctla con relación a años anteriores.
6. El incremento de la concentración de nitratos y la disminución de los niveles de fosfatos y de amonio en la estación de San Martín de Alchichica parece asociado con el tipo de fertilizante empleado de acuerdo a la etapa del cultivo.
7. La eficiencia del tratamiento de efluentes de la fábrica de plaguicidas alcanza un 62 % de remoción para la materia orgánica general (DQO), un 50 % de remoción de materia orgánica biodegradable y un 92 % para materia suspendida. Los niveles de contaminantes encontrados en el efluente a la salida del tratamiento son aceptables, comparados con las regulaciones indicadas para estos procesos, excepto la DQO en la campaña del 2002. Se debe destacar el incremento de los niveles de DBO, Grasas y Aceites, materia suspendida, cobre y zinc en el efluente a la salida del tratamiento con respecto a las concentraciones reportadas de estos metales pesados en controles de la planta (CP).
8. La eficiencia del tratamiento de efluentes del Ingenio Atencingo en época de zafra alcanzó un 80 % de remoción para materia orgánica biodegradable (DBO) y un 96.7 % para sólidos volátiles. Se aprecia una buena eficiencia de remoción de la trampa de grasas (96.7 %R de grasas y aceites). No obstante, el trabajo del sistema de tratamiento se considera insuficiente si tenemos en cuenta que estas aguas son utilizadas para irrigación de cultivos. Los niveles de concentración de materia orgánica (DQO y DBO), materia suspendida y fósforo total en el efluente del Ingenio Atencingo a la salida del tratamiento resultan muy superiores a los valores máximos permitidos para efluentes líquidos de fabricación de azúcar descargados directo a aguas superficiales, lo que denota que el tratamiento resulta insuficiente.
9. Los niveles de concentración de materia orgánica (DQO y DBO), materia suspendida, fósforo total, fenoles, pH, temperatura, grasas y aceites, plomo, cobre y cromo VI en el efluente de vinaza de la fábrica Bacardí resultan muy superiores a los valores máximos permitidos para aguas residuales descargadas directo a aguas superficiales. Los niveles de todos los parámetros (excepto coliformes) resultan muy superiores a los establecidos para aguas de uso agrícola e industrial, por lo que no es recomendable su utilización para estos fines sin tratamiento previo.
10. En los suelos irrigados con vinaza en la zona de La Galarza (cultivo de caña y maíz) se aprecia un mayor contenido de materia orgánica que en el suelo tomado como referencia (cultivo de sábila). El mayor contenido de amonio en la siembra de maíz puede estar dado por la adición de fertilizante complementario. Con relación a los fosfatos y nitratos el comportamiento es inverso al descrito anteriormente, o sea, que los mayores niveles de concentración de estos elementos aparecen en el suelo del cultivo de sábila.
11. En los suelos de la zona de Atencingo (cultivo de caña) se aprecian mayores niveles de amonio, y menores niveles de fósforo disponible y materia orgánica que en los suelos de La Galarza empleados en este cultivo, lo que se supone sea debido al aporte de fósforo disponible y materia orgánica de la vinaza a estos suelos, y que a su vez implica un mayor consumo de nutrientes.
12. Los niveles de fósforo disponible en el suelo del jardín de la fábrica de plaguicidas son comparables con los encontrados en el cultivo de caña irrigada con vinaza, y la materia orgánica

es superior, según los resultados más recientes. Los niveles elevados de nitratos y de grasas y aceites en el suelo del jardín de la planta de herbicidas y en el compost en la campaña 2002, pueden estar asociados a compuestos tóxicos de la formulación de plaguicidas.

13. El contenido de metales pesados es similar en todos los suelos analizados dentro de determinados rangos para cada elemento, lo que indica que en estos rangos deben estar los niveles bases de estos elementos en la región, excepto los elevados niveles de zinc y cromo en el suelo del cultivo de maíz durante la campaña 2001, que pudiera estar relacionado con el empleo de algún plaguicida.
14. El contenido de metales pesados en el compost que produce la fábrica de plaguicidas resulta muy elevado en comparación con los niveles de estos elementos en los suelos estudiados, lo que indica que ocurre una concentración de los mismos en este material, fundamentalmente de zinc y cobre, que lo hace no apto para su incorporación posterior al suelo.
15. Los niveles de concentración de partículas encontrados en la zona donde se localizan la Mezcladora de Fertilizantes, la Calera 1 (Alchichica) y la Calera 2 (mediciones tomadas en Rancho Juanito) son mínimos, comparables con los que aparecen en la UTIM, tomada como referencia de aire limpio en la zona, lo cual es válido para las condiciones meteorológicas evaluadas de rapidez y dirección de vientos durante las horas de muestreo.
16. Los mayores niveles de partículas en áreas de trabajo en la fábrica de plaguicidas aparecen en la planta de caolín, lo cual resulta significativo por estar constituidas por las fracciones más pequeñas (PM 1.0 y PM 2.5). Los niveles de concentración encontrados dentro de las plantas de carbonato de calcio y de formulación de insecticidas, así como en el aire exterior de la planta de herbicidas resultan comparables con los que aparecen en la UTIM.
17. Los niveles de partículas en todas las calderas del Ingenio de Atencingo resultan superiores a la norma de referencia, dado por las emisiones de partículas suspendidas de bagacillo que no llegan a alcanzar la combustión y pueden afectar a la comunidad poblacional de la zona por su deposición seca y denota poca eficiencia de los sistemas de control de partículas instalados en 2 de estas calderas.
18. La combustión de residuos mezclados con bagazo en las calderas del Ingenio de Atencingo brinda una solución tecnológica racional para la eliminación de los mismos, a la vez que se reciclan en el proceso en forma de energía.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Mantener un control sistemático de las aguas del río Nexapa y buscar una solución a las descargas de residuos domésticos de la ciudad de Izúcar de Matamoros, así como prohibir nuevas descargas sin previo tratamiento.
- Optimizar y/o completar el sistema de tratamiento de efluentes del Ingenio Atencingo.
- Mantener un control sistemático de la planta de tratamiento de efluentes de la fábrica de plaguicidas.

- No incorporar a un suelo de cultivo el compost que produce la fábrica de plaguicidas por su contenido elevado de metales pesados.
- Diseño y ejecución de pruebas de biocorrección para optimizar el uso de vinaza en irrigación de suelos cultivados.
- Revisar normas y procedimientos conocidas para la protección ambiental durante las operaciones industriales y adecuar a las industrias objeto de estudio.
- Evaluar emisiones de partículas en aire ambiente durante la incineración de cañaverales.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

9. Abboud, S. Toxicity evaluation of muds and cements in drilling operations. CPI, Alberta, 2000.
10. Alconsult. Management of effluent waters in the petroleum industry. 1998.
11. APHA - AWWA - WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20<sup>th</sup> ed. APHA Inc. N.Y., 1998.
12. Arenas, R.B., K.R. Carney y E.B. Overton. Am. Lab. 25 (11): 25-31, 1993.
13. ARPEL. Environmental Monitoring Procedures. Komex Int. Ltd., Calgary, 1997.
14. ARPEL (b). Waste Management. Komex Int. Ltd., Calgary, 1997.
15. ARPEL. Disposición de agua producida. Alconsult, Montevideo, 1996.
16. ARPEL. Guía para el tratamiento y eliminación de desperdicios de perforación de exploración y producción. Alconsult, Calgary, 1992.
17. ARPEL (b). Guías para el retiro de servicio y reacondicionamiento de tierra de superficie en instalaciones de producción y refinamiento de petróleo. Alconsult, Calgary, 1992.
18. Baker, W. C. y F.J. Pouchot. Measurement of gas flow. Part II. Journal APCA 33 (2): 156-62, 1983.
19. Bavière, M. y otros. Remediation of soils contaminated by petroleum products with surfactants. p282. First World Congress on Emulsion. EDS, Paris, 1993.
20. Berkley, R.E. Process Control Qual. 5 (2-3): 159-64, 1993.
21. Bertomeu, I. y F. J. Chas. Lo más nuevo en detección y análisis de gases. Automática e Instrumentación, Marzo, No. 221: 78-79, 1992.
22. Booksh, K. S. y B. R. Kowalsky. Theory of Analytical Chemistry. Anal. Chem. 66(15): 782A-791A, 1994.
23. Boyd, R.K. Rapid commun. Mass Spectrom. 7 (4): 257-71, 1993.
24. Brieda, F y otros. Methods of sampling and analysis for sulfur dioxide, oxides of nitrogen and particulate matter in the exhaust gases of large combustion plants. Report EUR-10645-EN 156 pp, 1986.
25. Calamari, D. y otros. Role of plant biomass in the global environmental partitioning of chlorinated hydrocarbons. Environ. Sci. Technol. 25: 1489-95, 1991.
26. Calvert, S. y H.M. Englund. Handbook of air pollution technology. John Wiley and Sons, N.Y, 1984.

27. CCME. Guidance Manual on Sampling, Analysis, and Data Management for Contaminated Sites. Volume I: Main Report. Report CCME. EPC-NCS62E. Canada, 1993.
28. CCME. Recommended Canadian Soil Quality Guidelines. 1997.
29. CCME. Interim Canadian Environmental Quality Criteria for Contaminated Sites. Report CCME EPC- C534, Canada, 1991.
30. CCREM. Canadian Water Quality Guidelines. CWQG. Canadá, 1987.
31. Curci, E. Técnicas analíticas para determinaciones en agua. BIP (Junio): 20-24, 1995.
32. Cheng, D. & Y. Lu. Determination of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) in the air by differential spectrophotometry. C.A. 97: 77778v, 1982.
33. Damanti, J.F. Soluciones prácticas para el saneamiento de suelos contaminados: sistemas compactos, modulares y flexibles. OILGAS (Diciembre): 65-69, 1995.
34. Daw, C. y J. Vila. Selección de un sistema de monitorizado de las emisiones (CEM) en las centrales térmicas. Energía 21 (1): 107-11, 1995.
35. D'Elia, O. Tecnologías contra residuos tóxicos. TECNOIL 16 (163): 33-38, 1995.
36. Díaz, M. y otros. Environmental Geochemistry Study of Drilling Wastes Pits in a Cuban Oil Field. 2<sup>nd</sup> International Symposium Environmental Geochemistry in Tropical Countries, p 128-131, Cartagena, 1996.
37. Duursma, E.K. y J.L. Carroll. Environmental Compartments. 295 pp. Springer, Netherlands, 1996.
38. EPA. SW-846 On-line Test Methods for Evaluating Solid Waste Physical/Chemical Methods. 1998.
39. Feinberg, M. La place des méthodes chimiométriques en chimie analytique. L'actualité chimique, Mai-Juin: 191-201, 1991.
40. Goldblatt, M. E., K. S. Eble y . E. Feathers. Zero discharge: what, why, and how. Chem. Eng. Progress 89 (4): 22-27, 1993.
41. Green Oil. La Geoquímica Orgánica, una herramienta clave. TECNOIL 16 (170): 54-55, 1995.
42. Guida, J.W. y D.E. Fruge. Improve wastewater treatment. Hydroc. Processing 74 (8): 55-60, 1995.
43. Hinchin, J.D. Practical Statistics for chemical research. Ed. Methuen & Co. Ltd., London, 1969.
44. ISO. Standard Compendium. Environment Water Quality. First Edition. ISO, Geneve, 1994.
45. ISO 5667. Water Quality. Sampling. Part 1, 2, 3, 10, 12. 1994.
46. ISO 6974. Determinación de hidrocarburos por cromatografía gaseosa. 1995.

47. Kratochvil, B. General principles of sampling. ASTM. Spec. Tech. Publ. 957, 5-13, 1987.
48. Leahy, J. y R.R. Colwell. Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. Microbiol. Rev. 54: 305-15, 1990.
49. Lieth, H. y B. Markert. Element Concentration Cadasters in Ecosystems. Methods of Assessment and Evaluation. 448 pp. VCH, Weinheim, 1990.
50. Luque, J. y otros. Características edáficas de suelos afectados por derrames de petróleo. BIP (Junio): 10-16, 1995.
51. Marbán, L. Métodos analíticos para monitorear metales pesados en suelos con destino agrícola, urbano e industrial. XI Reunión CHEMRAWN en Química Ambiental. Congreso Latinoamericano en Química Analítica Ambiental. IUPAC - IOCD, Montevideo, 1998.
52. Markert, B. Environmental Sampling for Trace Analysis. Part 3C . Soils and Sediments. 524 pp. VCH, Weinheim, 1994.
53. Markert, B. Instrumental element and multielement analysis of plant samples: methods and applications. 312 pp. John Wiley & Sons, England, 1996.
54. Market, B. Environmental Sampling for Trace Analysis. Part 3A. Air. 524 pp. VCH, Weinheim, 1994.
55. Martinson, R.M. UNEP Industry and Environment 15 (3-4): 52-56, 1992.
56. Meixner, H., J. Gerblinger y M. Fleischer. Sens. Actuators, B 15 (1-3): 45-54, 1993.
57. Millet, R. y S. Zaffino. Close encounters with soil contamination: think first, dig later. Part 1. Environmental Engineering World 1 (5): 12-19, 1995.
58. Narayanaswamy, R. Sci. Total Environ. 135 (1-3): 103-13, 1993.
59. Navarro, A. E. y otros. Nueva ecuación para el cálculo del carbono aromático en aceites básicos por espectroscopía infrarroja. Proceedings Quimindustria 90: 75-77, 1990.
60. Navarro, A. E. y otros. El infrarrojo: una opción para el análisis de destilados medios de crudos nacionales. Proceedings Quimindustria 88: 243-46, 1988.
61. Novello, D.P. Clean Air Operating Permits: A practical guide. Air & Waste Management Assoc. Pittsburg, 1995.
62. NTE – CCA – 033/91. Reglamento, criterios ecológicos de calidad del agua y norma técnica ecológica. Aguas de uso agrícola e industrial. Clase D III. México, 1991.
63. Ordóñez, V.H. Microbios rehabilitan suelos contaminados. Petróleo Internacional Año 55 (4): 18-24, 1996.
64. Pearson, C.D. y W.J. Hines. Analytical Chem. 49 (1): 123, 1977.

65. Philp, R.P. et al. A novel approach for the determination of the source of hydrocarbons in contaminated soils. Chapter 28. In: Contaminated Soils – Site Assessment, p363-380. New York, 1996.
66. Ray, J.P. y F.R. Engelhardt. Produced Water. Technological / environmental issues and solutions. Plenum Press, N.Y., 1992.
67. Riebe, M. T. y D. J. Eustace. Process Analytical Chemistry: an industrial perspective. Anal. Chem. 62 (2): 65A-71A, 1990.
68. Rodier, J. Analysis of water. John Wiley & Sons, N.Y., 1975.
69. Rodríguez, J.M. y otros. La contaminación del suelo. Ingeniería Química 294: 267-72, 1993.
70. Rosain, R.M. Reusing water in CPI Plants. Chemical Engineering Progress 89 (4): 28-35, 1993.
71. San Martín S.A. Mediciones en campo de fuentes contaminantes. México, 1997.
72. Savvin, S.B. y otros . Spectrophotometric and differential spectrophotometric determination of Ruthenium with sulfochlorophenolazorhodamine. Zh. Khim. Abstr. 7G269, 1987.
73. Slater, D. Meeting the challenges of Integrated Pollution Control. Industry and Environment 19 (1): 19-22, 1996.
74. Smidt, H. Methods and problems in measuring gas volumes and concentrations. (a). Erzmetall 40 (7-8): 406 - 10, 1987.
75. UNEP. Chemical Pollution: A Global Overview. IRPTC. Geneve, 1992.
76. UNEP. Environmental Management Tools: facts and figures. Industry and Environment 18 (2-3): 4-10, 1995.
77. UNEP. Industry compliance for sustained environmental protection. Industry and Environment 19 (1): 3-33, 1996.
78. Vignacq, H. La contaminación del suelo. DYNA No. 9: 9-13, 1990.
79. Wagner, T. Contaminación, causas y efectos. 423 p. Ed. Gernika, México D.F., 1996.
80. Wallace, T. Taller sobre tratamiento y disposición de residuales de perforación durante la exploración - producción en la industria petrolera. ARPEL-CUPET, La Habana, 1996.
81. West, P.W. y G.C. Gaeke. Analytical Chem. 28: 1916, 1965.
82. White, J.R. Technologies for Enhanced Monitoring. Pollution Engineering 27(6): 46-50, 1995.
83. World Bank Group. Pollution Prevention and Abatement Handbook. Annual Meeting Ed. 1997.

84. Yaws, C.L., X. Pon y X. Lin. Water solubility data for 151 hydrocarbons. Chem. Eng. 100 (2): 108-11, 1993.

### **3.1 Introducción**

Las ideas y objetivos analizados en la Cumbre de la Tierra en 1992, plasmadas en el Acta de Compromiso Internacional conocida como Agenda 21, y ratificados en la Cumbre 5 años después, están encaminados a la toma de medidas, control y vigilancia de la contaminación ambiental.

Los sistemas de tratamiento de residuales resultan a veces insuficientes y en otros sobre diseñados, lo cual los hace no funcionales para garantizar la preservación del medio ambiente. Un aspecto muy importante resulta realizar estudios de estos tratamientos con propuestas para la racionalización y funcionalidad de los mismos, cuya implementación debe continuarse estudiando hasta su puesta a punto.

Con el desarrollo de la actividad industrial se hace imprescindible crear y/o adecuar normas y procedimientos que regulen las operaciones industriales, con vistas a garantizar la conservación del medio ambiente, atendiendo a las experiencias propias y de otros países (1-3).

De los estudios de evaluación de los sistemas de tratamiento de la fábrica de plaguicidas y del Ingenio Atencingo se determinó que la eficiencia del tratamiento de efluentes de la fábrica de plaguicidas alcanza % de remoción aceptables para la materia orgánica general (DQO), la materia orgánica biodegradable y la materia suspendida, aunque se observó un incremento de los niveles de DBO, Grasas y Aceites, materia suspendida, cobre y zinc en el efluente a la salida del tratamiento con respecto a las concentraciones reportadas de estos metales pesados en controles de la planta.

La eficiencia del tratamiento de efluentes del Ingenio Atencingo en época de zafra alcanzó % de remoción aceptables para materia orgánica biodegradable (DBO) y para sólidos volátiles, así como una buena eficiencia de remoción de la trampa de grasas. No obstante, el trabajo del sistema de tratamiento se considera insuficiente si tenemos en cuenta que estas aguas son utilizadas para irrigación de cultivos, por lo que se requiere optimizar y/o completar el sistema de tratamiento de efluentes del Ingenio Atencingo.

Los niveles de concentración de materia orgánica (DQO y DBO), materia suspendida, fósforo total, fenoles, pH, temperatura, grasas y aceites, plomo, cobre y cromo VI en el efluente de vinaza de la fábrica Bacardí resultan muy superiores a los valores máximos permitidos para aguas residuales descargadas directo a aguas superficiales y muy superiores a los establecidos para aguas de uso agrícola e industrial, por lo que no es recomendable su utilización para estos fines sin tratamiento previo.

El objetivo de este estudio ha sido establecer las normas y procedimientos para la protección ambiental durante las operaciones industriales que se desarrollan en la zona.

## 3.2 Fábrica de plaguicidas

La formulación de plaguicidas origina residuales líquidos que contienen compuestos organofosforados, organoclorados y otros ingredientes activos, así como materia inerte y agentes emulsificantes, los cuales se caracterizan por conformar una suspensión de elevada toxicidad y demanda química de oxígeno. Los compuestos organoclorados son extremadamente peligrosos en ambientes acuosos debido a su gran estabilidad química, su baja solubilidad en el agua y su alta lipofilicidad, concentrándose en los compuestos vivos del ecosistema (3-5).

El tratamiento normal de efluentes incluye floculación, coagulación, sedimentación, adsorción sobre carbón, destoxificación de plaguicidas por oxidación (con sistemas ultravioletas o soluciones de peróxido) y tratamiento biológico. Otros tratamientos utilizados son la ósmosis inversa o ultrafiltración para recuperar y concentrar ingredientes activos (6). La combustión de aguas residuales tóxicas puede ser también factible cuando los volúmenes de aguas residuales son pequeños y existe un incinerador en el sitio.

Los residuos sólidos contaminados generalmente se incineran y los gases de cola son absorbidos. Para minimizar las emisiones al aire se aplican equipos de absorción de gases y/o adsorción sobre carbón para los compuestos orgánicos tóxicos, y casas de saco para remoción de partículas.

### 3.2.1 Control y prevención de la contaminación

El mayor esfuerzo debe estar encaminado a sustituir los ingredientes activos altamente tóxicos y persistentes por otros degradables y menos tóxicos. Entre las medidas de prevención de la contaminación recomendadas (6) tenemos:

- Medir y controlar las cantidades de ingrediente activo para minimizar residuos.
- Reutilizar subproductos del proceso como materias primas o sustitutos de materias primas en otros procesos.
- Uso de llenado automatizado para minimizar derrames.
- Uso de sistemas de alimentación cerrados en reactores batch.
- Usar cobertura de nitrógeno donde sea apropiado, en tanques de almacenamiento y otros equipos para minimizar la liberación de vapores orgánicos tóxicos.
- No utilizar compuestos halogenados ni solventes aromáticos donde sea factible.
- Uso de mangueras de alta presión en equipos de limpieza para reducir las aguas residuales.
- Uso de aguas de lavado de equipos y otras aguas de proceso (tales como fugas de sellos de bombas) como componente de soluciones para batches posteriores.
- Uso de colectores de polvos para reciclar materiales recuperados.
- Equipos de venteo a través de un sistema de recuperación.
- Mantener las pérdidas de vacío a niveles bajos.
- Retornar envases de materiales tóxicos a los suministradores para reuso o incineración/destrucción en una forma ambientalmente aceptable.
- Minimizar tiempo de almacenamiento de productos fuera de especificaciones por el reprocesamiento regular.
- Encontrar usos productivos para productos fuera de especificaciones para evitar problemas de disposición.
- Minimizar inventario de productos y materias primas para evitar degradación y residuos, previniendo la formación de subproductos e isómeros inactivos pero tóxicos.

### 3.2.3 Tecnologías de tratamiento

Para las aguas contaminadas con residuos de plaguicidas, se utilizan tratamientos que disminuyan su naturaleza ácida, su toxicidad y aumenten su biodegradabilidad. Los más utilizados son los tratamientos combinados físico - químicos con biológicos para tratar los lodos que se producen en la primera operación (6-10).

Para hidrolizar los plaguicidas organofosforados y precipitar los carbamatos se utilizan como agentes químicos los sulfatos de hierro (II) y (III), y el sulfato de cobre (II), los cuales se emplean solos o combinados con cal. Los agentes químicos se añaden en soluciones y suspensiones acuosas con las siguientes concentraciones, de acuerdo a experiencias conocidas (7,8):

- sulfato de hierro (III) al 45 % p/p
- sulfato de cobre (II) pentahidratado al 20 % p/p
- sulfato de hierro (II) heptahidratado al 25 % p/p
- cal al 1 % p/p

La eficiencia del tratamiento se sigue mediante análisis de DQO, según método normalizado (11), y se realizan además determinaciones de pH y altura del sedimento.

El efluente de la etapa anterior se somete a tratamiento biológico en una laguna adicionándole un sustrato de zeolita natural cargada con nutrientes, que sirve además como lecho fijo a los microorganismos, para lograr la biodegradación de compuestos organoclorados y metabolitos originados en la hidrólisis y precipitación previa.

El sistema propuesto consta de:

- un tanque receptor de aguas residuales;
- un sedimentador - mezclador con agitación mecánica y dosificación de soluciones de agentes químicos donde se efectúe la precipitación e hidrólisis de compuestos organofosforados y carbamatos, y que además permita la separación de los lodos precipitados con tiempo de retención de 2 horas;
- un tanque de hidrólisis para completar las reacciones químicas con tiempo de retención de 24 horas. Se alcanza una eficiencia de remoción de DQO de 60 % o más en la etapa de tratamiento químico. El efluente del tratamiento químico (líquido sobrenadante) se envía a la etapa de tratamiento biológico y los lodos decantados van a un lecho de secado;
- 3 tanques para preparación de soluciones de agentes químicos con bombas dosificadoras y agitación mecánica;
- un lecho de secado para recibir lodos y mantener el pH alcalino. El tiempo de retención se establece para garantizar la completa degradación de los plaguicidas precipitados en la etapa anterior;
- una piscina de oxidación biológica para tratar el residual con un tiempo de retención establecido. El residual tratado con agentes químicos se somete a degradación biológica en contacto con un sustrato de zeolita cargada con nutrientes para garantizar una relación C/N/P de 100/2.5/1. Para el tratamiento biológico se utilizan los dos primeros compartimientos de una piscina techada y el tercer compartimiento se destina a piscina de emergencia para recibir aguas contra incendios y fallos eventuales en el sistema de tratamiento. Se obtiene un efluente apto para su vertimiento y/o reutilización en el proceso, a la salida del sistema.

### **3.3 Ingenio Atencingo**

Los efluentes de fabricación de azúcar se caracterizan por niveles elevados de DQO, DBO, materia suspendida y amonio. Las aguas residuales pueden contener patógenos de los procesos productivos o de materiales contaminados. Los ingenios azucareros generan olores y partículas que requieren control. Muchos de los residuos sólidos pueden ser procesados y convertidos en productos y subproductos. En ocasiones los plaguicidas pueden estar presentes en los líquidos del lavado de la caña de azúcar

Las emisiones fundamentales en el procesamiento y refinación de azúcar se originan en la combustión de bagazo, petróleo o carbón. Otras fuentes de emisiones atmosféricas incluye las unidades de fermentación de jugo, los evaporadores y las unidades adición de sulfito. En los gases de cola de la combustión de bagazo se emiten aproximadamente 5.5 kg de cenizas por tonelada de caña procesada.

#### **3.3.1 Control y prevención de la contaminación**

Las buenas prácticas de prevención de la contaminación en la fabricación de azúcar (6) se deben enfocar hacia las siguientes áreas:

- Reducir las pérdidas de producto a menos del 10 % mediante mejores controles de producción.
- La dispersión de molasas sobre la tierra es una práctica de disposición que debía desestimarse.
- Minimizar el tiempo de almacenamiento de jugos y otros productos intermedios para reducir las pérdidas de producto y su descarga a las corrientes de aguas residuales.
- Utilizar procesos de clarificación menos contaminantes, tal como bentonita en lugar de sulfito para la fabricación de azúcar blanca.
- Recoger los residuos de productos para emplear en otras industrias, tal como el uso del bagazo en fábricas de papel y como combustible. Sistemas de cogeneración para grandes fábricas de azúcar para generar y vender electricidad.
- Optimizar el uso de agua y la limpieza con productos químicos. Procurar el lavado de la caña en el campo. Uso de métodos de limpieza secos.
- Recircular las aguas de enfriamiento.
- Muestreo y medición continua de los parámetros fundamentales de producción que permita identificar y reducir las pérdidas y por tanto la carga residual. Los procesos de fermentación y la manipulación de jugos son fuentes principales de fugas. Los problemas de olores se pueden prevenir con buenas prácticas de almacenamiento e higiene.

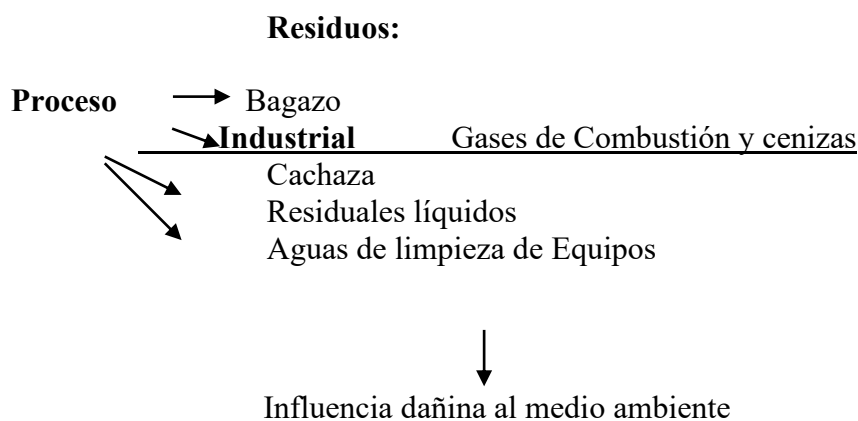
#### **3.3.2 Tecnologías de tratamiento**

El pretratamiento de efluentes comprende el tamizado por rejilla y la aereación, seguido normalmente por tratamiento biológico. Si hay espacio accesible, el tratamiento en tierra o los sistemas de lagunas son métodos potenciales de tratamiento. Otros sistemas posibles de tratamiento biológico incluyen lodo activado y sistemas anaeróbicos, los que alcanzan una reducción en la DBO del 95 %.

Las aguas residuales generadas deben alcanzar 0.9 m<sup>3</sup>/t de caña procesada o menos mediante su recirculación y reducir las cargas contaminantes con la minimización de las pérdidas productivas.

El control de olores por ventilación y saneamiento puede requerirse para las áreas de procesamiento de jugo y fermentación. Para esto se pueden utilizar biofiltros. Los ciclones, absorbedores y precipitadores electrostáticos se emplean para el control de partículas (6).

Otras variantes aplicadas para alcanzar producciones más limpias en la actividad azucarera se describen a continuación para cada fase asociada a la producción azucarera.



## I. Fase Agrícola

### Tecnologías Agrícolas para una Agricultura Sostenible

TECNOLOGIAS	OBJETIVOS FAVORABLES
Siembra en contorno	Disminuir erosión de suelos
Cobertura de paja	Preservar humedad y disminución en la formación de malas hierbas.
Rotación de cultivos	Protección de los suelos incorporando nutrientes.
Aplicación de fertirriego	Sustituye parte de la fertilización química y se emplea como vía para disponer de los residuales líquidos industriales.
Uso de compost	Agrega materia orgánica a los suelos
Aplicación de cachaza	Agrega materia orgánica, minerales y sales a los suelos.
Usos de cenizas de la combustión del bagazo.	Aplicación de minerales y sales a los suelos.
Desarrollo y Aplicación de biofertilizantes como: -Azotobacter, Azorpirillum Rizobium - Uso de la mosca lipsófaga	Sustitución parcial de fertilizantes químicos. Combate plagas por vía biológica.
Riego por gravedad	Disminuye el empleo de combustible fósil.
Desarrollo de variedades de caña	Combate plagas y enfermedades por vías biológicas.

## II. Fase Agroindustrial o cosecha

Origina residuos (hojas y cogollos) que pueden ser utilizados como alimento animal, como protección de los suelos y/o como combustible directo densificado, para uso industrial azucarero u otras

producciones, sociales o domésticas. Esta fase no origina afectaciones al medio si se evita o prohíbe la quema de caña.

## Resumen de la utilización de los Residuos Agrícolas Cañeras

FORMA	USO	Incidencia sobre el medio ambiente.
<b>Picado</b>	<b>Generación de vapor</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso Tecnológico</li> <li>• Producción de electricidad</li> </ul>	<b>Sustituye el fuel – oil</b>
<b>Densificado</b>	<b>Cocción de alimentos</b>	Sustituye leña, carbón, gas oil y keroseno.
<b>Picado o natural</b>	<b>Alimento Animal</b>	Sustituye parte de otros alimentos.
<b>Natural</b>	<b>Cobertura del suelo</b>	Sustituye herbicidas y mantiene humedad del suelo.

### III. Fase Industrial

Esta fase origina la mayor parte de los residuales, existiendo soluciones tecnológicas para el uso adecuado de cada uno de ellos y propiciar una producción ecológicamente sostenible.

*Bagazo:* El 90% se utiliza como combustible para producir energía térmica y eléctrica necesaria al proceso de producción de azúcar.

*Cenizas de combustión del bagazo:* Contienen minerales que pueden ser aplicadas como fertilizantes de los suelos.

*Cachaza:* Contiene minerales y materia orgánica que pueden ser utilizada para la producción de cera, alimento animal, medicamentos, fertilizantes y biogás.

*Aguas Residuales:* Tienen gran cantidad de materia orgánica y pueden ser utilizadas para la irrigación de las áreas cañeras y la producción de biogás (mezclado con cachaza).

#### 3.4 Fábrica Bacardí (efluente de vinaza)

La destilería Bacardí origina aguas residuales con elevado contenido de materia orgánica, producto de la vinaza generada en la fermentación alcohólica. El efluente se vierte a un canal que se utiliza para irrigación de suelos cultivados.

En la destilación de alcohol se producen aproximadamente 12 litros de residuos por litro de alcohol producido. Este residuo es altamente contaminante por sus elevados requerimientos de oxígeno como DBO y como DQO. En su composición cualitativa se incluyen productos no fermentados, restos de levaduras, cetonas, alcoholes de alto y medio peso molecular (eliminados durante la producción por su toxicidad), sulfatos y otros compuestos de azufre (de la clarificación y control de pH), así como cationes de la planta original o añadidos como parte del proceso de destilación, tales como K, Na, Mg, Ca y Fe. Estos efluentes fermentan casi espontáneamente y originan olores sulfurosos indeseables (12).

##### 3.4.1 Control y prevención de la contaminación

##### ¿DÓNDE PONEMOS QUE LA VINAZA DEBE ROTARSE EN SU APLICACIÓN?

Las buenas prácticas de prevención de la contaminación en la fabricación de bebidas (6) se deben enfocar hacia las siguientes áreas:

- Reducir las pérdidas de producto a menos del 10 % mediante mejores controles de producción.
- Optimizar el uso de agua y la limpieza con productos químicos.
- Recircular las aguas de enfriamiento.
- Muestreo y medición continua de los parámetros fundamentales de producción que permita identificar y reducir las pérdidas y por tanto la carga residual. Los procesos de fermentación son fuentes principales de fugas. Los problemas de olores se pueden prevenir con buenas prácticas de almacenamiento e higiene.

### 3.4.2 Tecnologías de tratamiento

Una práctica aceptable para la utilización de vinaza en cultivos es la concentración de este residual hasta un 60 % de sólidos disueltos, mezclar con agitación con ácido fosfórico y posteriormente con etanol acuoso (con agitación lenta), y separar el material precipitado por centrifugación. Este material se seca a 80 °C con vacío. La sal fosfotásica obtenida se utiliza como componente en la formulación de fertilizantes organominerales (13) con diferentes concentraciones de N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O.

El residuo de fermentación también puede convertirse en un producto de coagulación para preparar alimento animal o fertilizante (14) si después de concentrar hasta un 60 % de sólidos, se calienta hasta ebullición, se enfría y se añade un fosfato soluble y se coagula la mezcla fosfato - residuo calentando a 105 – 120 °C.

En Alemania (15) obtienen una preparación estable a partir de vinaza fresca recuperada por tamizado a tamaño coloidal y secado bajo condiciones suaves, después de lo cual se añaden agentes humectantes, ingredientes de aroma y extractos de aceite vegetal. Esta preparación se utiliza como crema de la piel, gel, shampoo, colágeno comprimido en paquete facial o tabletas efervescentes.

Un procedimiento desarrollado para tratar vinaza (16) emplea una columna de separación con un método de cromatografía de exclusión iónica, en el cual la elución se efectúa con solución diluida del material inicial. La fracción de betaína y de aminoácidos se concentran y separan, y se remueven las sales de calcio y magnesio. Las fracciones enriquecidas con los diferentes componentes se recuperan durante la secuencia multietapas de operaciones aplicadas (alimentación, elución y reciclaje).

Un proceso para fraccionar vinaza (17) ha sido desarrollado disminuyéndole el pH por adición de ácido y separando el precipitado formado para obtener una fracción inorgánica que contiene sales de potasio fundamentalmente y se utiliza como fertilizante, y una fracción orgánica que contiene ácidos orgánicos y se puede emplear como aditivo en alimento animal y en producción de ensilaje.

Otro proceso incluye la clarificación de la vinaza diluida a pH 6.5 – 7.5 por medio de una centrífuga de alta eficiencia (18). El contenido en base seca de sólidos debe estar entre 3 – 16 % p/p, el potasio entre 11 – 13 % y la betaína entre 11 – 19 %. La mejor clarificación se alcanza después de la fermentación primaria, cuando el contenido de sólidos es lo más bajo posible y la vinaza diluida ha estado sometida a un tratamiento con calor a más de 70 °C.

La preparación de productos valiosos a partir de la vinaza (19) comprende la concentración del residual hasta un contenido de sólidos de 50 – 80 % base seca y separación de los cristales formados para obtener un sobrenadante libre de sales de potasio. A la vinaza se añade previamente sulfato de amonio.

Con la clarificación por filtración y separación cromatográfica se realiza además la separación de betaína, ácido succínico o ácido cítrico. Las sales de potasio obtenidas de los cristales se utilizan para fertilizante.

Un método para fraccionar vinaza en solución por lecho móvil cromatográfico (20), en el cual el flujo de líquido se efectúa en un sistema que comprende al menos dos lechos seccionados en diferentes formas iónicas. La fracción enriquecida se recupera en varias etapas, el líquido se recircula en un lazo en uno o más lechos con material de empaque seccionado.

### **3.5 Conclusiones:**

1. El tratamiento de las aguas residuales de la fábrica de formulados plaguicidas requiere un sistema combinado físico - químico con biológico.
2. El tratamiento de las aguas residuales del Ingenio Atencingo debe comprender el tamizado por rejilla y la aereación, seguido por un tratamiento biológico. La trampa de grasas necesita de un mantenimiento sistemático.
3. Para la utilización de vinaza en cultivos es necesario la concentración de este residual y separar el precipitado por centrifugación. La sal fosfopotásica obtenida se utiliza como componente en la formulación de fertilizantes organominerales con diferentes concentraciones de N: P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub> O.
4. Los programas de prevención de la contaminación en estas industrias son de gran importancia y deben estar enfocados a reducir el impacto de las descargas de aguas residuales, las emisiones atmosféricas y la contaminación del suelo.

### **Recomendaciones**

- Revisar y/o implementar programas de prevención de la contaminación en estas industrias enfocados a reducir el impacto de las descargas de aguas residuales, las emisiones atmosféricas y la contaminación del suelo. Estos deben incluir la optimización del uso de agua y la limpieza con productos químicos, recircular las aguas de enfriamiento, muestreo y medición continua de los parámetros fundamentales de producción que permita identificar y reducir las pérdidas y por tanto la carga residual.
- Mejorar y/o completar los sistemas de tratamiento con vistas a poder mantener los usos y/o disposición actuales de los residuos de estas industrias de forma segura para los ecosistemas receptores.

### 3.6 Bibliografía.

1. Wagner, T. Contamination, Causes y Effects. Ed. Gernika, Mexico, 1996.
2. UNEP. Industry and Environment 19 (1): 3-33, 1996.
3. CD World Encyclopaedia. Pesticide Pollution. Copyright by Grolic Electronic Publishing Inc, 1995.
4. Cremlyn, R. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Ed. Limusa, México, 1989.
5. Ro, K. S.; Libra, J. Pesticides and Herbicides. Water Env. Res. 67, (4),pp 548 - 551, 1995.
6. World Bank Group. Pollution Prevention and Abatement Handbook. Annual Meeting. ed. 1997.
7. Krueger, R.F.; Seiber, J.N. Treatment and disposal of pesticides wastes. A.C.S. Symposium Series 259 American Chem. Soc., Washington, 1984.
8. Odegaard, H. y col. An analysis of flocculation - separation characteristics in chemical wastewater treatment II pp 97 - 114, 1992.
9. Nye, J. C. Treatment and disposal of pesticides waste. American Chemical Soc. Washington, 1984.
10. Johnson, K. S. Guidelines notes pesticides effluent treatment. Plant Protect. Div., 1985.
11. ISO Standards Compendium Environmental Water Quality. Vol 2. Chemical Methods, 1<sup>st</sup> ed. Geneve, 1994.
12. Barrenechea, L. US Patent 6,231,765. USA, 2001.
13. Robertiello, A. et al. US Patent 4,604,125. USA, 1986.
14. Bass, H. H. US Patent 3,983,255. USA, 1976.
15. Blost, E. et al. US Patent 4,931,278. USA, 1990.
16. Smolnik, H. D. et al. US Patent 5,384,035. USA, 1995.
17. Paananen, H. et al. US Patent 6,022,394. USA, 2000.
18. Paananen, H. et al. US Patent 5,851,405. USA, 1998.
19. Hamstra, R. S. US Patent 5,760,078. USA, 1998.
20. Heikkila, H. et al. US Patent 5,730,877. USA, 1998.