

INFORME SOBRE EL ESTUDIO DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA REGION DE IZÚCAR DE MATAMOROS.

INTRODUCCION

El presente informe abarca los resultados obtenidos en la determinación de los niveles de contaminación en el río Nexapa en el tramo comprendido entre el Puente de Los Molinos y Tlancualpicán.

El estudio fue desarrollado por la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros (UTIM), en cooperación con el Instituto de Materiales y Reactivos de la Universidad de La Habana (IMRE) y el Instituto Tecnológico de Tehuacán (ITT) y se realizó en el período comprendido entre junio de 1999 y junio del 2000.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Muestreo

Para la realización de las campañas de muestreo, se definieron las estaciones en base a las que la Comisión Nacional del Agua (CNA), tiene establecidas dentro de la red nacional de monitoreo en el río Nexapa y que más adelante se denominan como 1, 3, 6 y 10. Las estaciones utilizadas fueron:

Estación número 1.- " los Molinos " ubicado 50 mts. río arriba bajo el puente del mismo nombre, llegando por la carretera Atlixco-Puebla.

Estación número 2.- Santo Domingo Atoyatenpam ubicado 30 mts. Río arriba bajo el puente, a escasos 4 Km. de la descarga de Portezuelos, entrando por el libramiento de Atlixco.

Estación número 3.- " las Fajanas " ubicado en las instalaciones del balneario del mismo nombre, entrando por la carretera Atlixco-Izúcar.

Estación número 4.- " la Galarza " ubicado en la entrada de la población con el mismo nombre, entrando por la carretera Atlixco-Izúcar.

Estación número 5.- San Martín Alchichica ubicado en la entrada de la población del mismo nombre, entrando por la carretera Atlixco-Izúcar.

Estación número 6.- Puctla ubicado 10 mts. Río abajo, bajo el puente del mismo nombre entrando por el libramiento de Izúcar-Puctla.

Estación número 7.- Chietla ubicado 20mts. Río abajo, bajo el puente del mismo nombre, entrando por la carretera Izúcar-Chietla.

Estación número 8.- Puente negro ubicado 30 mts. Río abajo, bajo el puente del mismo nombre, entrando por el primer plano de la población de Atencingo.

Estación número 9.- Salida de Atencingo ubicado 500 mts después de la descarga del Ingenio de Atencingo, entrando por la colonia " Gustavo Díaz Ordaz ".

Estación número 9º.- En la presa derivadora ubicada después de la descarga del Ingenio y a la cual se accede entrando por camino paralelo a la acequia de aguas residuales del ingenio.

Estación número 10.- Tlancualpican ubicado 15 mts. aguas arriba del puente del mismo nombre, entrando por la carretera Atencingo-Chiautla.

Los puntos de muestreo se indican en el mapa que sigue.



Mapa de ubicación de las Estaciones de Muestreo

Para las aguas de riego se seleccionaron muestras en los lugares siguientes:

Barrios Occidentales: Dentro de la ciudad de Izúcar de Matamoros, en la intersección de las calles de Benito Juárez y Reforma sobre el canal que allí se encuentra.

Puente UTIM: Situado en la calle Prolongación Reforma a la altura del rancho del Señor García Azcué.

Galarza 1: Situada en la acequia que sale de la Empresa Bacardí, tomando por el camino que bordea la instalación, entrando por la carretera Atlixco-Izúcar en dirección a Matamoros.

Las Bocas: Situada en la salida de la población del mismo nombre.

9-A: Acequia que conduce aguas derivadas del Nexapa y que se encuentra a un lado de la colonia Díaz Ordaz.

9-1: Conducción soterrada de aguas para regar Atencingo.

9-2: Canal que lleva las aguas derivadas en la presa de Atencingo para Lagunillas, aproximadamente 25 metros después que aflora.

Las fechas de realización de las diferentes campañas de muestreo fueron las siguientes:

Muestreo 111 de Junio de 1999

Muestreo 223 de Junio de 1999

Muestreo 309 de Noviembre de 1999

Muestreo 4	09 de Enero de 2000
Muestreo 5	08 de Febrero de 2000
Muestreo 6	04 de Mayo de 2000

El muestreo se realizó de acuerdo a las normas ISO 5667.

Técnicas Analíticas

Las determinaciones de pH, OD y temperatura se realizaron in situ, utilizando un medidor de oxígeno disuelto YCI y un pHmetro portátil. El resto de los índices físico-químicos fue analizado por los métodos Standards.

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.

La separación por cromatografía en columna (CC) se realizó por un procedimiento similar al ASTM D2549. En síntesis, en una columna de 50 cm x 1 cm d.i., rellena en sus 2/3 inferiores con sílica gel (70-230 mesh, activada a 400 °C durante 6 h), y en su tercio superior con óxido de aluminio básico (activado a 700 °C durante 2 h), se depositaron aproximadamente 0.2 g de la muestra. La elución se realizó con n-hexano (F1), eter dietílico (F2), cloroformo (F3) y metanol (F4).

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.

Para la identificación y cuantificación de familias de compuestos de interés se seleccionaron las siguientes (se indican los iones característicos para su cuantificación):

n-alcenos (43+57+71+85)

alquilbencenos (91+92+105+119+133+147)

ácidos grasos (60+73)

Ftalatos (149+163)

Alquifenoles (107+121+135+149)

Debe señalarse que se consideró que los iones señalados constituyen el 50 % de la intensidad iónica total para las parafinas, alquifenoles y ácidos grasos, y aproximadamente el 100 % para los alquilbencenos y ftalatos, de acuerdo al análisis de espectros de masa de la espectroteca disponible.

Los espectros infrarrojos (FTIR) fueron registrados entre ventanas de KBr, en un espectrofotómetro con transformada de Fourier modelo Génesis (ATI-Mattson), con las condiciones: scans – 60; resolución 4 cm⁻¹; apodización - Happ-Genzel. El procesamiento de los espectros se realizó con el programa WinFirst V.2.1.

En el procesamiento de la información experimental se utilizó el paquete estadístico Statistika para Windows versión 5.1

El aseguramiento de la calidad se realizó en base a la selección de muestras determinadas por duplicado, la inyección de muestras fortificadas con patrones internos desde el momento de su extracción líquido-líquido o líquido-sólido y la corrida de blancos que eran transportados durante los muestreos. En general los recobrados de los procedimientos de extracción resultaron superiores al 85 %. Las diferencias en muestras por duplicado no excedieron el 20 % en valor relativo, valor satisfactorio si se toma en cuenta el carácter dinámico de un río como sistema.

RESULTADOS Y SU DISCUSION

Indices físico-químicos

En el anexo IT1 se incluyen los resultados de las determinaciones de los índices físico-químicos estudiados en las diferentes campañas. Para el análisis de tendencia se elaboraron los gráficos respectivos que se incluyen en el mismo anexo.

El análisis de los diferentes parámetros se expone a continuación.

Oxígeno disuelto (OD).

Este índice evidencia que el río en general tiene buena aireación a lo largo de todo el cauce debido a la pendiente natural y a las rocas presentes en su lecho

En el punto 2 se aprecia un decremento en el valor de O.D. presumiblemente porque recibe la descarga de la hidroeléctrica de Portezuelo que es alimentada con agua proveniente del río Atoyac .siendo este decremento menor en la época de lluvias (C2, C3).

En el punto 6, Puctla , nuevamente disminuye sensiblemente el valor de O.D. debido a la descarga municipal de Izucar de Matamoros.

En el punto 9o llega a su valor mínimo debido a la descarga de el ingenio de Atencingo.

Se hace evidente que en los puntos en que el río recibe mayor carga de contaminación su nivel de O.D. disminuye aunque aguas abajo aumente paulatinamente como se aprecia en los puntos 7 y 8.

No hay continuidad después del punto 9o en virtud de que el río es desviado para agua de riego y los puntos 9 y 10 aun cuando se encuentran sobre el mismo cause reciben aportes de nuevos nacimientos y de otros tributarios.

En la gráfica de tendencias observamos la tendencia a valores mas altos de O D en época de lluvias. Asimismo después del punto 9o por las razones anotadas en el punto anterior.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Se observa que hay un incremento en los puntos 2 ,6 y 9 debido en 1er término ala descarga de Portezuelos descarga de Izucar y del ingenio de Atencingo.

Análogamente se observa un decremento de la DBO después de haber recibido las cargas con mayor contaminación y a lo largo de su recorrido aguas abajo, esto porque mantiene excelentes niveles de aireación y en consecuencia de oxígeno disuelto.

Durante la época de lluvias (C2,C3 y C4) la DBO disminuye notablemente con respecto a los valores de la época de secas. Esta tendencia es más claramente observable en la gráfica en tres dimensiones.

Por lo anteriormente expuesto, podemos concluir en el análisis de la DBO que debido al alto grado de aireación proporcionalmente tiene un alto grado de recuperación hasta el punto 9.0 en donde es desviado para uso agrícola.

Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Para la DQO se presenta una gran similitud con los valores de la DBO.(Decrementos e incrementos de valores numéricos en los mismos puntos.).Asimismo se aprecia claramente la tendencia ya observada en el punto anterior, de valores mas altos en la época de secas y más bajos en la de lluvias.

Los valores presentados en los puntos 9 y 10 corresponden como ya se dijo antes a otro cuerpo de agua.

También se aprecia claramente la tendencia ya observada en el punto anterior de valores mas altos en la época de secas y mas bajos en época de lluvias.

En la gráfica de la relación DBO/DQO se observa que alcanza sus valores más altos en la época de secas. Esta situación se atribuye a que durante la época de lluvias ocurren diversos procesos oxidativos, como se aprecia en el análisis de los demás estudios realizados en el presente trabajo, los cuales contribuyen a que el porcentaje de materia orgánica biodegradable en el cuerpo de agua, durante este periodo, sea menor.

Por otro lado, durante la época de secas, el porcentaje de aguas negras municipales urbanas y suburbanas es mayor con respecto al caudal total del río, siendo en consecuencia mayor el porcentaje de materia orgánica biodegradable.

Sustancias activas al azul de metileno (SAAM).

Se observa que generalmente todos los puntos exceden la norma, principalmente en el punto 2(descarga de Portezuelos) y el punto 6 descarga de la mancha urbana de Izucar). Asimismo observamos que los valores del tiempo de secas son más altos que los de tiempo de lluvias.

Esta tendencia es perfectamente observable sobre todo en la gráfica tridimensional.

Aceites y Grasas (A y G).

Los valores de A y G se encuentran por lo general dentro de valores bajos, sin embargo presentan valores mas elevados en los puntos 2,6 y 9

Sólidos Disueltos Totales (SDT).

La composición original presentada por el río en el punto 1, se ve incrementada en el punto 2 por el aporte del canal de Portezuelos. Esta concentración se mantiene mas o menos constante hasta el punto 6 después del cuál por motivo de que son desviadas prácticamente todas sus aguas para riego y de que se cuenta con nuevos nacimientos y la confluencia con el río Epatlán, a partir del punto 7 nos encontramos con otros valores muy distintos, lo cual nos hace pensar en otra composición del cuerpo de agua.

En ambas gráficas presentadas es muy notoria la elevación de los valores de SDT a partir del citado punto 7.

Coliformes totales.

Siempre presentan valores muy elevados y dichos valores también se disparan en los puntos anteriormente citados (2,6 y 9).

Fosfatos.

Se aprecia muy claramente un incremento significativo en los puntos 2 y 6 así como también de la época de lluvias con los valores mas bajos y la de secas con los valores mas altos.

Nitrógeno

Los valores de el N de nitrato se encuentran casi todos por debajo de los valores que permite la norma, a excepción del punto4 (C2 y C3). Los valores máximos los encontramos en el punto 4 y los mínimos en el punto 2. Y se aprecia con toda claridad en las gráficas la tendencia a la disminución de los valores a lo largo del río y a mantener constante dichos valores durante el año.

Por lo que respecta al N amoniacal sus valores en lo general son altos alcanzando un máximo en el punto 2 y un mínimo a partir del punto 4. Y se observa la tendencia a decrecer a lo largo del río y a incrementarse de la época de lluvias a la de secas.

Metales

En el anexo IT2 se incluyen los reportes de la determinación de metales en muestras de aguas y sedimentos por espectroscopía de absorción atómica.

Los resultados indican que el río Nexapa se encuentra libre de contaminación por metales pesados.

Resulta interesante observar que después del punto 6, los contenidos de Ca y Mg fundamentalmente, reflejan otro nivel de mineralización de las aguas, lo que se corresponde con lo señalado anteriormente respecto al desvío de las aguas del río y la incorporación a su cauce de aguas de otra calidad.

Contaminantes orgánicos

En las tablas 1 y 2 se reportan las cantidades totales de orgánicos semivolátiles extraídas de las muestras de aguas y sedimentos. Estos resultados se muestran en forma gráfica en las figuras 1 y 2.

Tabla 1. Orgánicos semivolátiles en muestras de aguas (mg/L).

Estación	Campaña 2	Campaña 3	Campaña 4	Campaña 5	Campaña 6
1	1.3	1.2	1.7	1.5	0.5
2	8.9	11.9	11.6	25.9	17.6
3	5.3	2.9	3.5	13.3	4.2
4	5	1.6	2.4	3.3	1.4
5	3.5	1.7	1.8	2.4	1.5
6	7.4	4	7.1	5.4	2.9
7	1.5	1.6	1.5		0.6
8	1.2	2	2.4	2.2	1.5
9o				4.7	4.4
9	1.2	1.2	1.6	2.9	
10	2	1.2	0.8	1.2	0.8
PU			2.0	5.0	2.5
BO			2.4	3.1	2.7
LB			2.4		
Ga			2.6	2.4	2.1
9-A			0.7		
9-1				19.6	
9-2				6.1	

En cuanto a la naturaleza general de los compuestos orgánicos presentes, esta se evaluó por los espectros FTIR. En el anexo IT3 se documentan los espectros obtenidos a partir de las muestras de aguas y sedimentos.

Se puede observar la presencia de gran cantidad de compuestos oxigenados, en gran medida compuestos carbonílicos (ácidos carboxílicos y sus sales, ésteres, aldehidos y cetonas), lo que se evidencia por la forma e intensidad del grupo de bandas entre 1750 y 1650 cm^{-1} . Por otro lado en la zona de la huella dactilar se observan vibraciones de grupos C-O, que junto a las banda de OH en la región de 3200-3500 cm^{-1} , permiten

aseverar que se encuentran presentes diferentes tipos de compuestos con grupos hidroxilo, tales como alcoholes y fenoles. Resultan interesantes los espectros de los sedimentos de las estaciones 2 y 9, que muestran claramente la presencia de hidrocarburos, incluyendo compuestos aromáticos como contaminantes fuertes en estos puntos. Esto pone en evidencia el origen antropogénico de estos compuestos.

Tabla 2. Orgánicos semivolátiles en muestras de sedimentos (mg/kg de sedimento húmedo).

Estación	Campaña 2	Campaña 3	Campaña 4	Campaña 5	Campaña 6
1	660	187	265	471	535
2	4320	572	1234	2396	2565
3		528	1418	677	2402
4	580	1051	439	1199	1104
5	580	264	433	335	3120
6	1540	380	668	395	600
7	540	336	239	1036	1127
8	1140	344	296	529	760
9o				2532	395
9	2520	460	296	233	
10	760	157	296	394	56
PU			562	1480	148
BO			325		
LB			431		
Ga			1992	915	
91				2558	

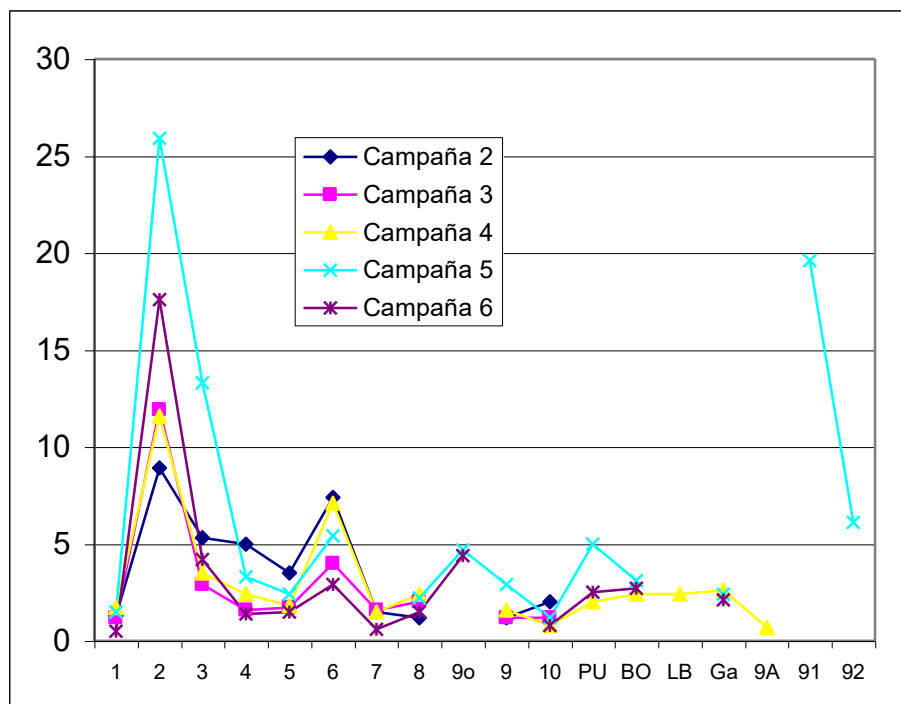


Figura 1. Orgánicos semivolátiles en muestras de aguas en las diferentes estaciones y campañas.

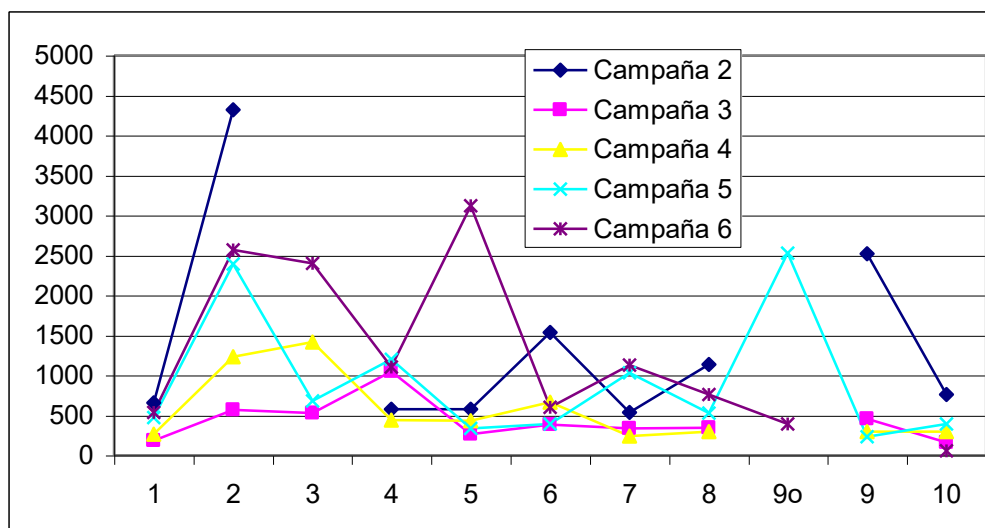


Figura 2. Orgánicos semivolátiles en muestras de sedimentos en las diferentes estaciones y campañas.

Los espectros infrarrojos obtenidos de las fracciones de compuestos básicos en la campaña 2, resultaron muy similares en general a los de los compuestos ácidos y neutros. Algo similar reflejaron los cromatogramas. Tomando esto en cuenta, en las campañas sucesivas se adoptó la variante, contemplada en el método EPA de unir las fracciones para su análisis cromatográfico.

En las figuras que se incluyen en el anexo IT4, se muestran los cromatogramas de corriente iónica total de las muestras procesadas en las diferentes estaciones y campañas de muestreo. La complejidad de la composición de las mismas se evidencia en la gran cantidad de picos y en la existencia en muchos de los cromatogramas de una curva de compuestos no resueltos.

En base a muestras representativas obtenidas en la estación 2 y utilizando el software de identificación disponible, el análisis de las fragmentaciones de los diferentes picos, la separación por cromatografía en columna y la cromatografía de masas de iones característicos para compuestos individuales y familias de compuestos, se identificaron una gran cantidad de compuestos químicos, lo que se detalla en el anexo IT5.

En el propio anexo se incluye una tabla con los índices de retención determinados para los compuestos identificados. Esto sirve como una base de partida para futuros trabajos analíticos, tanto de investigación como de rutina para identificar los compuestos presentes en muestras de aguas y sedimentos que se analicen por los métodos puestos a punto en esta investigación.

No fueron detectados en cantidades cuantificables, de acuerdo a la sensibilidad alcanzada en los procedimientos analíticos, plaguicidas o compuestos organoclorados incluidos en las listas de contaminantes orgánicos prioritarios así como hidrocarburos aromáticos policíclicos. No obstante la presencia de compuestos oxigenados insaturados tales como aldehídos de cadena corta, con potencial genotóxico, fenoles y otros, hacen de esta agua un habitat poco favorable para la vida acuática, impiden su utilización con fines recreativos e implican un riesgo para la salud humana y animal.

Es de señalar que aún no se ha concluido la identificación individual y pormenorizada de todas las muestras.

El análisis de las figuras 1 y 2 muestra que los puntos de mayor impacto en cuanto a la contaminación por sustancias orgánicas corresponden a los puntos 2, 6 y 9. Las tendencias se muestran en las figuras 3 y 4. Como puede observarse, es evidente el

aumento de la cantidad de los mismos en los puntos de mayor impacto y especialmente en la época de estiaje en el caso de las muestras de agua, reflejando los sedimentos mejor los episodios de contaminación en la época de lluvias.

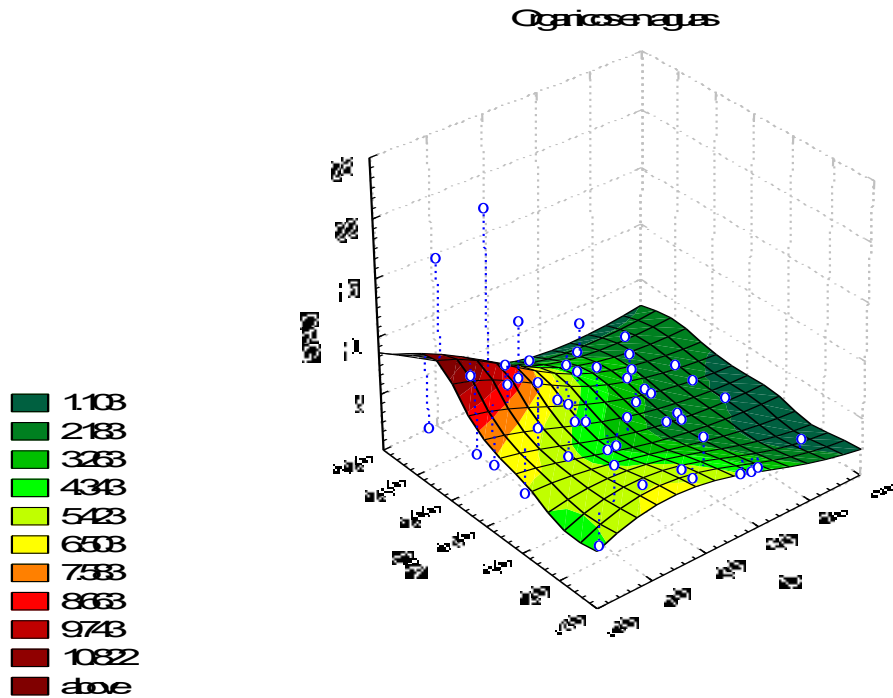


Figura 3. Orgánicos semivolátiles en muestras de aguas (mg/L).

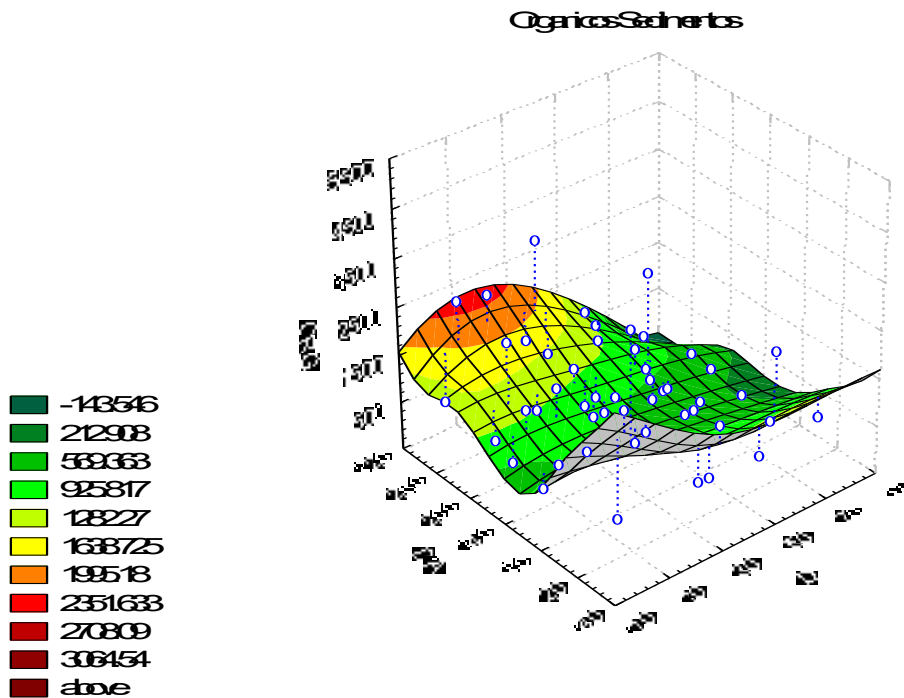


Figura 4. Orgánicos semivolátiles (mg/kg sedimento húmedo).

Dada la complejidad encontrada, para la evaluación del impacto contaminante se seleccionaron como compuestos indicativos de la contaminación química los n-alcenos,

los alquilbencenos, los ácidos orgánicos, los alquilfenoles con cadenas laterales entre 8 y 10 átomos de carbono y los ftalatos, por ser representativos de la contaminación por actividades antropogénicas. En el anexo IT-6 se muestran los cromatogramas de masa para las familias de compuestos seleccionadas.

En el anexo IT-7 se muestran los gráficos de distribución de los compuestos seleccionados en las diferentes estaciones en las 5 campañas realizadas. Igualmente se muestran en este anexo los gráficos de comparación de las diferentes campañas y los gráficos de tendencia de las cantidades de estos compuestos.

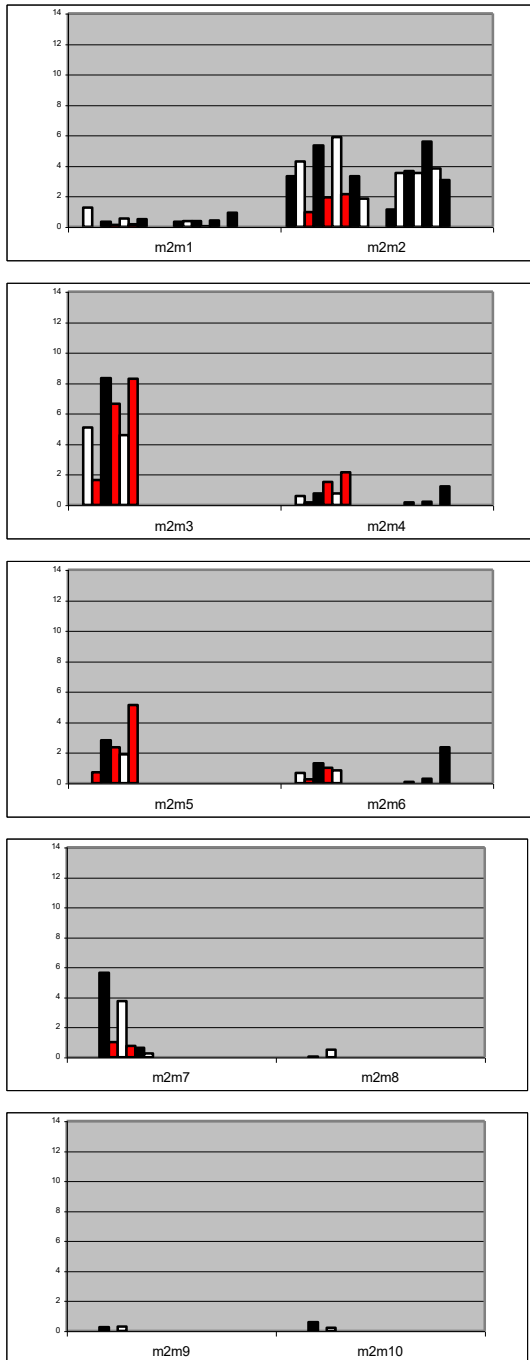


Figura 5. Aguas campaña 2

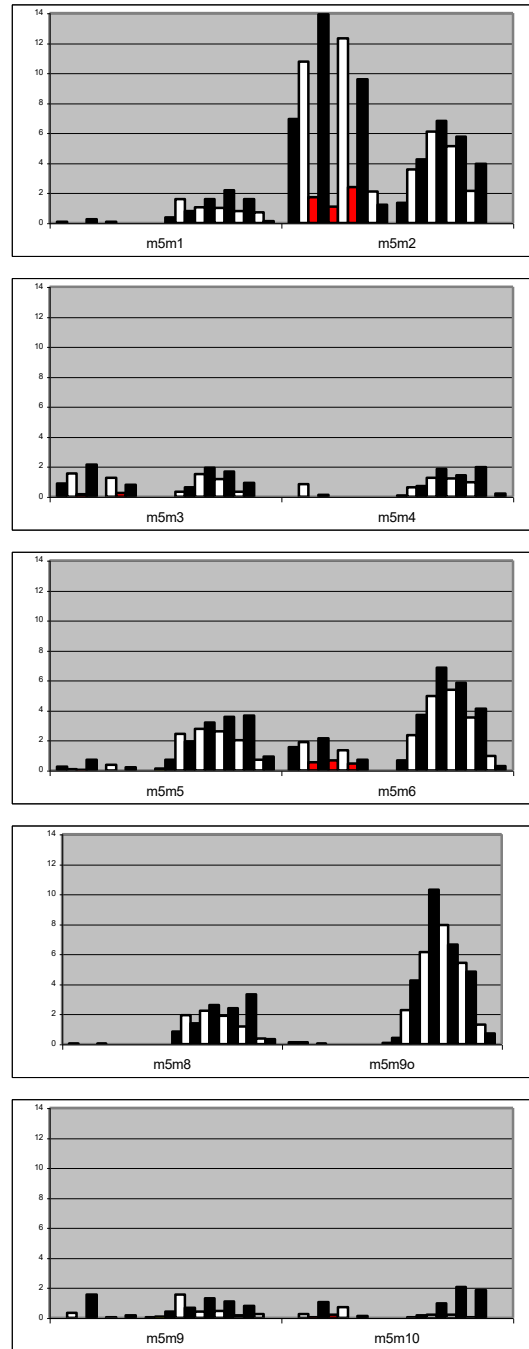


Figura 6. Aguas campaña de seca

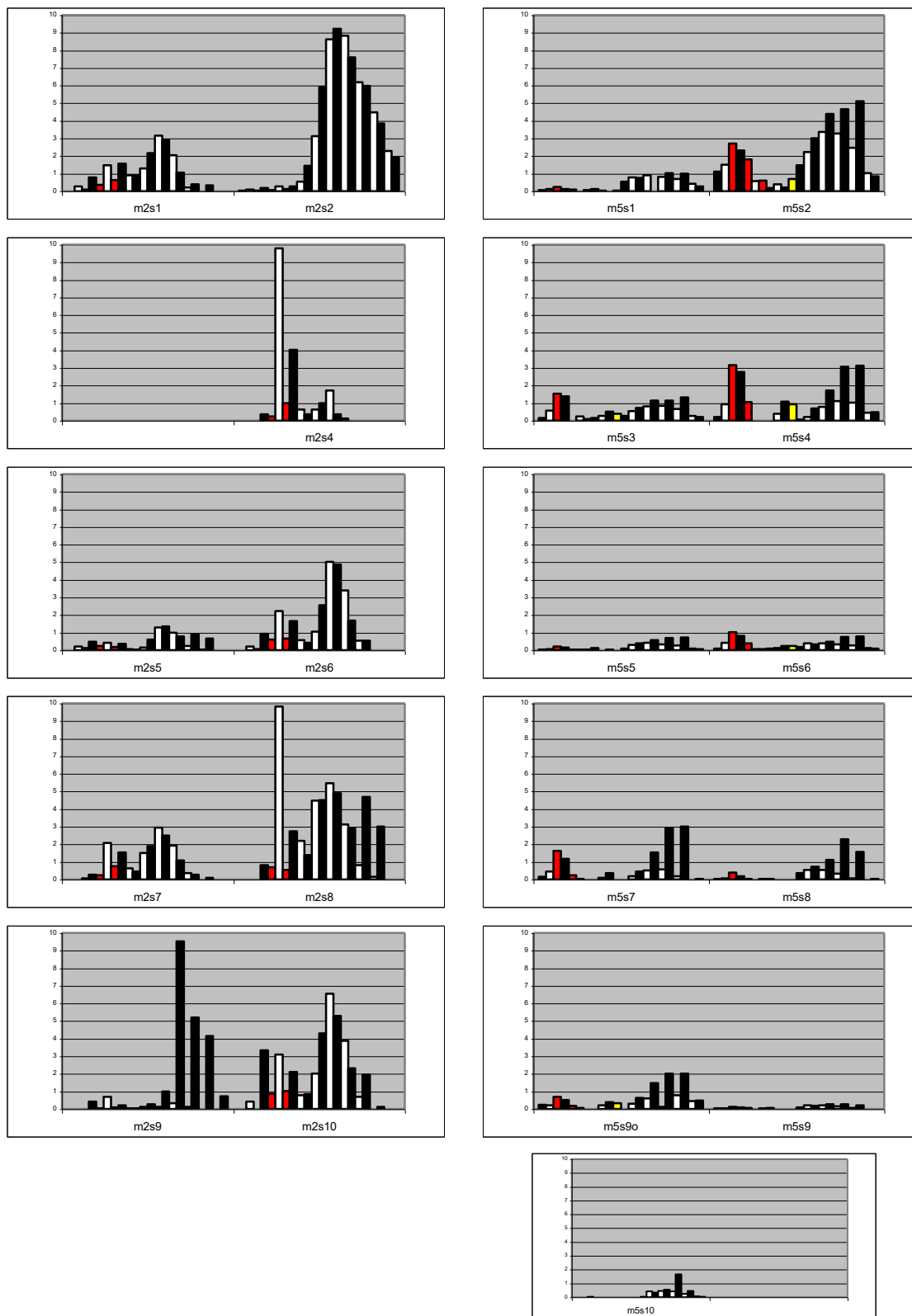


Figura 7. Sedimentos campaña lluvias.
 Nota: S2*0.1; S8*0.8; S9*0.3

Figura 8. Sedimentos campaña seca

En cuanto a los hidrocarburos, el análisis de los cromatogramas de masa de las normales parafinas permiten apreciar que los mayores impactos se aprecian en la estación 2, siendo los perfiles, característicos de productos procedentes de la actividad antropogénica, con una distribución bimodal, sin preferencias par o impar. La

distribución bimodal sugiere la presencia de fracciones correspondientes tanto a combustibles, mayoritariamente tipo Diesel y fracciones de aceites lubricantes.

También resulta evidente, como a lo largo del curso del río ocurre la degradación de los hidrocarburos, lo que ocurre con mayor intensidad en la época de lluvias, a juzgar por los contenidos de los isoprenoides (en rojo) y la virtual desaparición de los hidrocarburos en las aguas en las muestras más alejadas de la estación 2 (se ilustra con las figuras 5 y 6 donde se refleja la comparación de las muestras de las dos campañas extremas, la 2 en período de lluvias y la 5 en seca). En la estación de seca se perciben los impactos de la actividad humana en las estaciones 6 y 9°, situada esta última en la presa después de las descargas del ingenio de Atencingo y en la cual no hay la estructura bimodal.

Resulta interesante destacar como las aguas en la estación seca llevan la mayor carga de hidrocarburos siendo los sedimentos los portadores mayoritarios de estos compuestos en la estación de lluvia. En las aguas y los sedimentos de las estaciones localizadas de Chietla en adelante (excepto por supuesto, la situada después de las descargas de Atencingo, se aprecia una cierta predominancia de las parafinas impares (en negro) de números de carbono entre 27 y 33, característica de los aportes terrestres naturales.

En cuanto a los hidrocarburos aromáticos, tanto en aguas como en sedimentos, se presentan en mayor cantidad en la estación de seca, como se puede apreciar en las figuras 9 y 10.

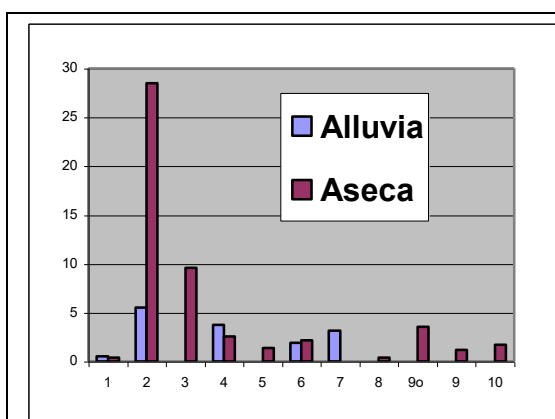


Figura 9. Contenido de aromáticos en aguas, ug/L.

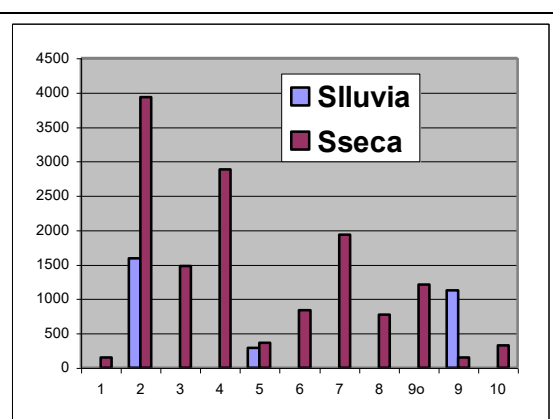


Figura 10. Contenido de aromáticos en sedimentos, ug/kg de masa seca

Llama la atención los elevados contenidos de ácidos orgánicos en las aguas. La distribución de los contenidos de los mismos, especialmente del palmítico y el esteárico, sugiere que son de procedencia de grasas animales y vegetales, de uso común en la industria. Por su persistencia y resistencia a la biodegradación y la degradación en general, resulta entonces una acumulación notoria de los mismos.

Son significativos los contenidos de ftalatos, plastificantes que se encuentran en el centro de una controversia actual sobre sus posibles daños a la salud humana y claros exponentes del impacto de la actividad del hombre en el entorno.

Las aguas de riego, puede apreciarse en el material gráfico que soporta al presente informe, se comportan de manera similar a las aguas del río en la porción en que son tomadas. No obstante en algunos casos reflejan el impacto de las actividades humanas que se ejecutan en las margenes de los canales por los que fluyen.

En general los sedimentos se comportan de manera más errática en cuanto a los valores encontrados para los contaminantes estudiados.

Modelación de la contaminación del río Nexapa

La ecuación que describe la dependencia del oxígeno disuelto con los parámetros de contaminación orgánica, los nutrientes y la temperatura se muestra a continuación.

$$OD = -0.30 DQO - 0.15 DBO - 0.17 GA - 0.41 SSUSP + 0.518 NH_4 + 0.226 NO_3 - 0.25 PO_4 - 0.55 T + 11.68$$

Como se aprecia, los contaminantes de carácter orgánico afectan negativamente el balance de oxígeno disuelto en el río, mientras que los nutrientes del ciclo del nitrógeno lo favorecen. En el aspecto negativo, la materia suspendida es el contaminante fundamental que influye sobre la calidad del río para el desarrollo de la vida de especies en el ecosistema estudiado. Se observa además como se favorece la concentración de OD con la disminución de la temperatura.

El análisis de regresión paso a paso muestra las relaciones fundamentales encontradas en el orden siguiente:

$$OD = - 0.44 T + 9.40$$

$$OD = - 0.52 T - 0.30 SSUSP + 10.33$$

Se observa que el parámetro más importante en el balance de oxígeno es la temperatura y en segundo término la materia suspendida.

Se encontró una buena correlación entre la materia orgánica biodegradable (DBO) y la materia orgánica en general (DQO) dado el coeficientes de correlación significativo ($r = 0.98$) encontrado para $\alpha = 0.05$. La ecuación que describe la relación DBO/DQO en el río es la siguiente:

$$DBO = 0.984 DQO - 14.14$$

CONCLUSIONES GENERALES

Se dispone de los niveles básicos de metales y contaminantes orgánicos de las aguas superficiales en la región de Izúcar de Matamoros estudiadas. Esta información se encuentra disponible, respaldada por medios electrónicos en la Universidad tecnológica de Izúcar de Matamoros.

Los índices físico-químicos y los niveles de contaminantes orgánicos tienen una correlación aceptable entre sí y reflejan tendencias similares en cuanto al impacto sobre el río de la afluencia de las aguas canalizadas desde Puebla, las descargas municipales de la ciudad de Izúcar de Matamoros y la actividad del Ingenio de Atencingo.

En general hay niveles altos de nutrientes, SAAM y sólidos disueltos. No se detectó contaminación significativa por metales pesados en las aguas y sedimentos del río Nexapa. No se detectaron compuestos organoclorados, pesticidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos, considerados en las listas de contaminantes prioritarios. No obstante, muchos de los compuestos presentes pueden tener acción nociva sobre la flora, la fauna y los hombres. La valoración general de las aguas las permite considerar no útiles para las actividades de recreación o el consumo humano. Sus niveles de

compuestos químicos y contaminación por Coliformes, permite concluir que su empleo para riego no es recomendable en cultivos de consumo directo por el hombre y animales domésticos.

Se hace evidente la capacidad autodepuradora de la corriente del río, lo que se evidencia en la presencia de una gran cantidad de compuestos oxigenados en diferentes grados de oxidación. Esto está condicionado por la pendiente del río que ocasiona una gran turbulencia de sus aguas y por consiguiente un elevado coeficiente de reareación.

RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS

1. Mantener un sistema de vigilancia de la contaminación por compuestos orgánicos prioritarios y metales pesados, mediante la realización de análisis por la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros con una periodicidad semestral con el apoyo financiero del gobierno municipal. Mantener intercambio en este sentido con la CNA delegación Puebla.
2. Tomar en cuenta los resultados obtenidos en este estudio así como las posibilidades técnicas de la UTIM para el diseño y operación de cualquier planta de tratamiento que se ubique en esta región. En específico, urge la instalación del colector municipal en primera instancia y de la planta de tratamiento correspondiente para la ciudad de Izúcar de Matamoros.
3. Hacer un estudio de factibilidad técnico-económica de la construcción de obras sencillas que permitan disminuir la carga que el río recibe en la descarga de Portezuelo.
4. Elaboración de un folleto divulgativo de las buenas prácticas en las operaciones agrícolas y pecuarias así como para la disposición de residuos domésticos, para su divulgación entre la población rural y urbana. Apoyarse para ello en los manuales elaborados por la SEMARNAP al respecto.
5. Desarrollar campañas de educación ambiental enfocadas al cuidado del Río Nexapa entre la población de la región de Izúcar de Matamoros. Prestar especial atención en este sentido a la acumulación y diseminación de basureros clandestinos y al excesivo desecho de materiales plásticos en las inmediaciones del río.
6. Realizar un control de la calidad de los suelos regados con las vinazas procedentes de la empresa Bacardí y determinar si realmente sufren deterioro o alteraciones en sus propiedades, incluyendo la biodisponibilidad de metales pesados y oligoelementos.
7. Analizar el funcionamiento de la planta de tratamiento del Ingenio de Atencingo así como instrumentar medidas que permitan su funcionamiento eficiente.