



# KUXULKAB'

ISSN 1665-0514

REVISTA DE  
**DIVULGACIÓN**  
División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XV • Número 27 • Julio - Diciembre 2008 •

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

# 4

# BILLONES DE

DESAPARECEN X DÍA EN EL PLANETA



# KUXULKAB'

ISSN 1665-0514

## REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza*

### CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Gama  
Editor en jefe

Dr. Randy Howard Adams Schroeder  
Dr. José Luis Martínez Sánchez  
Editores Adjuntos

Biol. Ma. Leandra Salvadores Baledón  
Editor Asistente

### COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

**Dra. Silvia del Amo**  
Universidad Veracruzana  
**Dra. Carmen Infante**  
Servicios Tecnológicos de Gestión Avanzada  
Venezuela

**Dr. Bernardo Urbani**  
Universidad de Illinois  
**Dr. Guillermo R. Giannico**  
Fisheries and Wildlife Department,  
Oregon State University  
**Dr. Joel Zavala Cruz**  
Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco

**Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

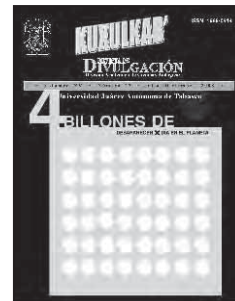
Publicación citada en:

- El índice bibliográfico PERIÓDICA., índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias. Disponible en <http://www.dgbiblio.unam.mx>
- E-mail: [publicaciones@cicea.ujat.mx](mailto:publicaciones@cicea.ujat.mx)
- <http://www.ujat.mx/publicacion>

KUXULKAB' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, publicación semestral de junio 2001. Número de Certificado de Reserva otorgado por Derechos: 04-2003-031911280100-102. Número de Certificado de Licitud de Título: (11843). Número de Certificado de Licitud de Contenido: (8443). Domicilio de la publicación: Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco. Tel. y fax (93) 54 43 08. Imprenta: Imagen Gráfica, Morelos y Pavón No. 211. Col Miguel Hidalgo C. P. 86150 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco.

**Nuestra Portada:**

Diseñada por:  
Liliana López Gama  
Estudiante de diseño y  
comunicación visual  
FES Cuautitlán



## **Estimados lectores de Kuxulkab´.**

**D**urante este segundo semestre del 2008, hemos visto otra vez como la naturaleza puede causar afectaciones importantes en este territorio, de tal forma que nos requiera buscar alternativas de adaptación a estas circunstancias y por ende tener cada día una mayor conciencia de los impactos que ocasionamos al ambiente y que seguramente se magnifican dada la vulnerabilidad geográfica de nuestro estado.

En este número tenemos una diversidad de temas que tocan información importante de los recursos naturales de Tabasco y que van del agua como un recurso de interés global y los peces, al latex, incluyendo datos de los cambios que ha sufrido el territorio debido a la deforestación. En ellos se presentan resultados de tesis que se desarrollan en nuestros diferentes programas educativos, que se vinculan a algunos de los proyectos de investigación que se realizan en nuestra escuela por académicos y estudiantes. Los ocho artículos incluidos en este número presentan principalmente resultados de investigaciones aplicadas en una amplia gama de temas como: medir la deforestación importante problema ambiental de la actualidad o una propuesta de control biológico además de técnicas de acuacultura. Se presenta a su vez, información resultante de investigaciones relacionadas con la gestión en el área ambiental.

Les recordamos que esta es la revista de todos y les invitamos a enviarnos sus manuscritos, en espera de que cada vez más estudiantes se incorporen a la divulgación de la ciencia con temas que consideren serán de interés a sus compañeros y se unan a aquellos que han terminado o se encuentran realizando sus proyectos de tesis y cuyos resultados de sus investigaciones comparten con nosotros. Como siempre agradecemos a los colaboradores de otras instituciones interesadas en la divulgación de la ciencia que comparten con nosotros temas de interés general, así como los resultados de sus proyectos y los exhortamos a continuar haciéndolo. Reiteramos nuestro sincero y continuo agradecimiento a los colegas que desinteresadamente colaboran en el arbitraje que nos permite mantener la calidad de los trabajos.

**Lilia Gama**  
Editor en Jefe

**Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
Director

***División Académica de Ciencias Biológicas***  
***Universidad Juárez Autónoma de Tabasco***



---

# Determinar el Análisis de Riesgo Toxicológico de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos a la salud humana de los trabajadores, utilizando el modelo Caltox

**José Guadalupe Carmen Morales Fortanel**  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
División Académica de Ciencias Biológicas  
jgcmf1960@hotmail.com. jfortane@imp.mx

## Resumen

En este estudio se utiliza el modelo multimedia Caltox para estimar el análisis de riesgo por cáncer en la población de los trabajadores que laboran en la Trampa de Diablos Sur (TDS), en donde sucede un derrame de hidrocarburos en el suelo. Para este fin, se realiza una visita prospectiva preliminar al sitio al sitio en estudio, para tener un panorama general de la distribución de la contaminación en sentido vertical y horizontal, y de las posibles fuentes, además de varias a nivel superficial. Posteriormente se realizó 5 excavaciones (zanjas) de 0.7\*0.7 m y a una profundidad de 0 a 0.7 m. Con lo anterior se identificaron las posibles fuentes de contaminación y se revisó físicamente el color, textura, olor, dureza de los sedimentos y presencia de estratos. Además de esto se toman fotografías del área y de las zanjas. Se identifica la contaminación, posteriormente se realizó muestreo utilizando un cava-hoyo de 0 a 4 m de profundidad, se colocó la muestra en frasco de vidrio con tapa de metálica, el frasco se guarda en hielera a 4°C, se traslada a laboratorio para su análisis cromatográfico de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) con un total de 16 compuestos, por el método EPA 8270C (Compuestos orgánicos semivolátiles por cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/MS)); los resultados de laboratorio de los compuestos, se expresan en mg/kg de concentración para el suelo o mg/l para el agua. Para el modelamiento del modelo multimedia Caltox, se utilizan las concentraciones de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) de suelo y agua subterránea obtenidas por cromatografía, además de las variables de los compuestos como son las propiedades químicas, las propiedades del escenario y los factores de exposición humano. Los resultados del modelamiento consta de 18 hojas para un compuesto, la primera página es la principal, donde proporciona la

concentración de suelo objetivo (en ppm), para el caso de *Naftaleno* es de 10 000 mg/kg, o sea es la concentración necesaria para que los trabajadores que laboran en la TDS desarrollen la probabilidad de cáncer. Entonces de acuerdo a la cromatografía, el compuesto tiene una concentración de 0.66 mg/kg en el suelo, por tanto el riesgo de cáncer a la salud de los trabajadores que laboran en la TDS es nulo.

## Introducción

Un problema actual en el sector de la protección ambiental es cómo evaluar la severidad de la amenaza que cada uno de los compuestos químicos representa para el medio bajo las condiciones en que es utilizado. Sin embargo, las investigaciones realizadas en diferentes campos de la ciencia han aportado elementos para que la teoría del riesgo toxicológico este desarrollada de tal manera, que ahora existan elementos metodológicos e instrumental para predecir las consecuencias que generan en el medio ambiente la presencia y actividad de los múltiples compuestos que se liberan por la actividad industrial.

Por esta razón, se han desarrollado programas de cálculo o estimación probabilística de la concentración de un compuesto en las diferentes fases del medio natural (compartimientos: aire, agua, suelo, biota). Estos programas que están basados en la teoría de coeficientes de partición química inherentes a cada compuesto, permite analizar teóricamente como se distribuyen porcentualmente las concentraciones químicas y en algunos casos como se establece la dinámica del químico una vez establecido o descargado en el medio natural.

En el presente artículo la estimación de riesgo toxicológico para el área de Trampa de Diablos Sur, de

la Terminal Marítima de Dos Bocas se realiza por medio del modelo multimedia Caltox versión 4.0. Caltox es un modelo dinámico que considera la concentración de contaminantes introducidos inicialmente en capas del subsuelo o de contaminantes liberados continuamente al aire, a la superficie del suelo o en agua superficial. Tiene dos componentes principales y cada uno puede operar independientemente del otro. El primero de estos componentes es el transporte en ambientes múltiples y el modelo de transformación, el cual es usado para determinar la dispersión de los contaminantes en el suelo, agua y aire. El segundo componente es el modelo de exposición, el cual traslada las concentraciones ambientales en estimados de contacto humano y dosis potenciales.

Botello *et al.*, 1997, encontraron que muchos efectos de la contaminación del petróleo en el gran Caribe incluía altos niveles de alquitranes en varias playas de turismo, que impide su uso recreativo. Con el probable peligro y muerte de organismos marinos tales como tortugas, las cuales se alimentan del suelo contaminado; respuestas en los sistemas enzimáticos de organismos marinos que han sido correlacionados con declinación en eventos reproductivos.

Así como efectos hispatológicos y mortandad masiva de ostras en áreas estuarinas con presencia de altos niveles de contaminantes del petróleo; además de alteraciones o mutaciones genéticas en comunidades de manglares expuestas a niveles crónicas de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's.).

En el 2000 el autor D. H. Bennelt, realizó una comparación de métodos para caracterizar la dosis potencial basada en la población de un contaminante orgánico persistente con el potencial de transporte a largas distancias. Si un químico viaja largas distancias en el ambiente, más gentes estarán expuestas a los químicos incrementando así los efectos adversos potenciales, debido a un número grande de individuos expuestos y a la variabilidad en su susceptibilidad individual.

Así un método, calcula la dosis potencial basado en la población útil. No esta claro cual escala espacial y que configuración de modelo debe ser utilizado, cuando se calcula la dosis potencial basada en el

potencial. Los cálculos de dosis esta integrado con la característica de distancia de viaje del químico y la densidad de población, para determinar los métodos apropiados para evaluar la dosis potencial basada en la población.

Un método de exposición multivía, multimedia Caltox, toma todo en cuenta, es utilizado para calcular la dosis por persona. Los casos de estudio, son presentados para ilustrar las diferencias entre varios métodos de cálculo. Encontramos que si un químico tiene la característica de viajar largas distancias en el ambiente, es importante considerar la exposición de individuos que están lejos de la fuente, cuando se están tomando decisiones acerca de los peligros potenciales de un contaminante.

En 2004 A.J. Huijbregts, L. M.J. Geelen; E. G. Hertwich; T. E. McKone; D. van de Meent, compararon la Evaluación de Ciclo de Vida y la Evaluación de Riesgo de exposición potencial humano a los contaminantes tóxicos, expresan como la fracción de consumo humano (iF), representa la fracción o cantidad emitida que entra a la población humana. Para evaluar la incertidumbre de la fracción de consumo humano, tenemos que la ingestión e inhalación de iF's de 367 sustancias emitidas al aire y de agua dulce son calculadas con dos modelos multimedia de exposición y destino, Caltox y USES-LCA.

La comparación de resultados revela que la incertidumbre de iF's de la ingestión fue arriba un factor de 70. La incertidumbre de la inhalación en iF's esta arriba un factor de 865,000. La comparación demostró que relativamente son pocas las diferencias encontradas en el modelo para incertidumbre. Una estructura óptima del modelo en el cálculo de la fracción de consumo (iF) de humanos puede lograrse incluyendo (1) escenarios de lluvia y no-lluvia, (2) el compartimiento de agua de mar continental, (3) la purificación del agua potable, (4) la corrección de las propiedades químicas de pH y (5) la depositación asociada de aerosol en plantas. La estratificación vertical del compartimiento del suelo combinado con la profundidad del suelo y el químico dependiente puede ser considerada en los cálculos de la fracción de consumo humano futuros.

El objetivo de la investigación fue determinar el análisis de riesgo toxicológico de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en Trampa de Diablos Sur, a la salud humana de los trabajadores que laboran en dicho sitio y el entorno ecológico, utilizando el modelo Caltox.

## Método

La prospección preliminar en campo es una de las actividades importantes dentro de un estudio de caracterización de suelos y está considerada como una de las etapas iniciales de los trabajos a efectuarse en las áreas de estudio. Con la prospección se obtiene un panorama general de la distribución de la contaminación en sentido vertical y horizontal, y de las posibles fuentes.

En el área de TDS se lleva a cabo una prospección preliminar realizando 5 excavaciones (zanjas) de 0.7\*0.7 m y a una profundidad de 0 a 0.7 m., además de varias a nivel superficial. Para el monitoreo se aplica una estrategia de muestreo por el método dirigido, porque se delimita la distribución horizontal y vertical de la contaminación en el suelo.

## Selección de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) con Riesgo a la Salud Humana

La selección de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) con riesgo a la salud humana, se basó siguiendo los siguientes criterios:

- Toxicidad (los efectos dañinos representan a los demás HAP)
- Potencial para la exposición humana (hay una mayor probabilidad de que los humanos estén expuestos a estos HAP y no a otros).
- Frecuencia de ocurrencia en sitios con desechos peligrosos.
- Disponibilidad de información (hay más información de éstos 17 que de otros HAP)

CLASIFICACION EPA		EFECTO SOBRE ÓRGANO/SISTEMA DE ANIMALES	
HAP	TIPO <sup>a</sup>	CARCINÓGENICO	NO-CARCINÓGENICO <sup>b</sup>
Acenafteno	nd	Nd	hígado
Acenaftileno	D	Nd	nd
Antraceno	D	Nd	genotóxico: cromosomas
Benzo (a) pireno *	B2	piel; sistema gastrointestinal; hígado; pulmones; glándulas mamarias; cérvix; tráquea;	genotóxico: cromosomas; mutación de genes; daño al DNA;
Benzo (a) antraceno *	B2	piel; hígado; pulmones	nd
Benzo (b) fluoranteno *	B2	piel; hígado; pulmones;	genotóxico: cromosomas
Benzo (k) fluoranteno *	B2	Pulmones	nd
Benzo (ghi) perileno	D	Pulmones	genotóxico: DNA
Criseno *	B2	piel; hígado; pulmones	genotóxico
Dibenzo (a,h) antraceno *	B2	piel; sistema gastrointestinal; pulmones;	genotóxico
Fenantreno	D	Nd	genotóxico: cromosomas;
Fluoreno	D	Nd	alteraciones hematológicas: disminución del número de glóbulos rojos, volumen celular y hemoglobina.
Fluoranteno	D	Pulmones	genotóxico; riñones: nefropatía; incremento de peso del hígado. Cambios hematológicos (sangre)
Indeno (1,2,3-cd) pireno *	B2	Piel	genotóxico: DNA
Naftaleno	nd	Nd	nd
Pireno	D	Nd	genotóxico: espermatozoides; riñones

**a**= Clasificación de Carcinogenicidad frecuentemente revisada por el Grupo de Trabajo por el Esfuerzo de Verificación para la Evaluación del Riesgo Carcinogénico de la EPA (HAP, Tabla 2-6, ATSDR 1997); **b** = Fuentes: U.S.EPA 1996, Exhibit 13, p. 35; ATSDR 1997; EPA Region 6 1998, p.A-2-1. **B2**= Probable carcinógeno humano; **D**= No clasificable como carcinógeno humano; **nd**= No descrito.

La evaluación del riesgo a la salud humana en la TMDB se hizo con 16 de los 17 hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) seleccionados por diversas agencias (el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos, *Department of Health and Human Services, DHHS*, ATSDR 1997; la Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer *the International Agency for Research on Cancer, IARC* y la U.S.EPA 1996) como riesgosos a la salud humana (Cuadro 1). Los 7 contaminantes marcados con un asterisco (\*) en la Cuadro 1 corresponden a una subserie, de siete HAP que fueron identificados por la *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, como carcinógenos animales y han sido estudiados por la EPA como carcinógenos humanos potenciales.

## Las Variables Edafológicas y Físicoquímicas

Con las variables edafológicas y físicoquímicas en el área de Trampa de Diablos Sur del área de Trampa de Diablos Sur, se define el escenario de exposición con base en las propiedades locales. Las características meteorológicas e hidrológicas (precipitación pluvial, temperatura ambiental, velocidad del viento, velocidad de las corrientes superficiales, etc.) requeridas para establecer el escenario, reportadas por el INEGI (1999) para la zona norte del Estado de Tabasco. Las características edafológicas, físicas y químicas si fueron particularizadas zona del sitio; la zona de sedimentos; de suelo superficial; la zona de raíces; vadosa y el acuífero.

Las mediciones de la profundidad hechas en el campo durante la caracterización preliminar y la descripción litológica (instalación de piezómetros) permitieron ubicar cada zona requerida por Caltox Cuadro 2. La porosidad, densidad y carbono orgánico se determinaron por medio de los métodos descritos por Buchanan (1984).

VARIABLES	TDS
Área contaminada (m <sup>2</sup> )	1,140
Espesor de la capa de sedimento (m)	0.20
Espesor de la zona de raíces	0.20
Espesor de la capa de suelo	0.20
Espesor de la zona vadosa	1.6
Espesor del acuífero	80
Contenido de agua en el suelo superficial (g/g)	0.125
Contenido de agua en el suelo de la zona de raíces (g/g)	0.125
Contenido de agua en el suelo vadosa (g/g)	0.125
Porosidad en el sedimento (%)	13.68
Porosidad del suelo de la zona de raíces (%)	13.68
Porosidad del suelo de la zona vadosa (%)	13.68
Densidad de las partículas del suelo (Kg/m <sup>3</sup> )	1.74
Carbono orgánico en el sedimento (mg/g)	4.52
Carbono orgánico en la zona superior del suelo (zona de raíces) (mg/g)	4.52
Carbono orgánico en la zona vadosa (mg/g)	4.52
Carbono orgánico en el acuífero (mg/g)	2.26

Cuadro 2. Variables edafológicas y físicoquímicas en el área de Trampa de Diablos Sur.

## Aplicación de Modelo Multimedia Caltox

Para conocer con exactitud las concentraciones de los compuestos orgánicos presentes en suelo y agua subterránea, es indispensable la realización de análisis cromatográficos de gases, en muestras de éstos medios.

Donde el método utilizado de EPA es 8270C. Y se presentan en los cuadros 3 y 4, continuación:

En la tablas a continuación se muestran los resultados de los análisis cromatográficos de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) para el suelo.

NOMBRE	Concentración (ppm) Nivel "A"	Concentración (ppm) Nivel "B"	Concentración (ppm) Nivel "C"
Acenafteno	<1.17	<7.0	<2.33
Acenaftileno	<0.66	<4.0	<1.33
Antraceno	<0.17	9.96	<0.33
Benzo (a) antraceno *	<0.02	0.19	<0.03
Benzo (a) pireno *	<0.02	<0.10	<0.03
Benzo (b) fluoranteno *	<0.02	<0.10	<0.03
Benzo (g,h,i) perileno	<0.02	<0.10	<0.03
Benzo (k) fluoranteno *	1.34	<0.05	<0.017
Criseno *	<0.02	2.58	0.42
Dibenzo (a,h) antraceno*	<0.02	<0.10	<0.03
Fenantreno	0.30	<1.0	<0.03
Fluoranteno	10.61	23.47	<0.03
Fluoreno	0.87	6.56	<1.33
Indeno (1,2,3-cd) pireno *	<0.07	<0.40	<0.13
Naptaleno	<0.66	<4.0	<1.33
Pireno	<0.02	1.34	<0.03

Cuadro 3. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en el suelo del área de estudio "Trampa de Diablos Sur". A tres niveles de profundidad que corresponden a: A- 0 m; B- 2.5 m y C- 4.0 m.

Nota: La toma de muestra se realiza, en Marzo del 29-31 y 1° de Abril. Entrega de resultados el 10 Abril.

Nota: Equivalencia de 1.0 ppm es 1.0 mg/kg.

Nota: Los HAP's. marcados con un asterisco son identificados la *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, como carcinógenos animales y han sido estudiados por la EPA como carcinógenos humanos potenciales.

Nota: Los análisis de realizaron en el Instituto Mexicano del Petróleo.

El cuadro 4 muestra los resultados de análisis cromatográficos químicos de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) en agua subterránea.



HAP	TDS 1 Concentración ppb	TDS 11 Concentración ppb
Acenafteno	< 35.0	< 35.0
Acenaftileno	< 20.0	< 20.0
Antraceno	< 5.0	< 5.0
benzo (a) antraceno *	< 5.0	< 5.0
Benzo (a) pireno *	< 0.5	< 0.5
Benzo (b) fluoranteno *	< 0.5	< 0.5
Benzo (g,h,i) perileno	< 0.25	< 0.25
Benzo (k) fluoranteno *	< 0.5	< 0.5
Criseno *	< 0.5	< 0.5
Dibenzo (a,h) antraceno *	< 0.5	< 0.5
Fenantreno	< 5.0	< 5.0
Fluoranteno	< 0.5	< 0.5
Fluoreno	< 20.0	< 20.0
Indeno (1,2,3-c,d) pireno *	< 2.0	< 2.0
Naftaleno	< 20.0	< 20.0
Pireno	< 0.5	< 0.5

Cuadro 4. Concentraciones de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) presentes en agua subterránea del Área de estudio "Trampa de Diablos Sur" con muestras por duplicado.

Nota: Equivalente de 1 ppb es 1 µg/l.

Nota: Los análisis cromatográficos se realizaron en el Instituto Mexicano del Petróleo.

#### Modelamiento (Alimentación del Modelo Caltox)

En esta sección se captura, cada uno de los 12 HAP's como es el nombre químico, el paisaje, los datos de toxicidad los proporciona el modelo Caltox por default, el riesgo objetivo, la distancia del sitio a exposición, el tiempo de la concentración inicial a cuando haya comenzado la exposición, las concentraciones a tiempo cero, en la zona de raíz, en la zona vadosa y agua subterránea.

Posteriormente las propiedades químicas del compuesto de interés, como es el peso molecular, el coeficiente de partición octanol-agua, el punto de fusión, la presión de vapor, la solubilidad, la constante de Henry, el coeficiente de partición carbono orgánico. Continuamos con las propiedades del escenario, como es el área contaminada, la precipitación promedio anual, evaporación de agua de superficie, espesor de la capa de suelo, la densidad de partícula de suelo, contenido de agua en la superficie del suelo, espesor de la zona de raíz, el contenido de agua de la zona de

raíz, el espesor de la zona vadosa, el contenido de agua de la zona vadosa, el espesor de la capa del acuífero, el espesor de la capa de sedimentos, la porosidad de la zona de sedimentos, la temperatura del ambiente, el carbono orgánico de la zona superior de suelo, el carbono orgánico en la zona vadosa, el carbono orgánico en la zona de acuífero y el carbono orgánico en sedimento.

Continuamos con los factores de exposición humano como son: el peso del cuerpo, la toma de fluidos, la toma de vegetales y frutas, la toma de grano, la toma de leche, la toma de carne, la toma de carne de gallina, la toma de pescado, la ingestión de leche materna por los infantes, ingestión de pastura por ganado diario, ingestión de pastura por ganado de carne de res, ingestión de pastura por gallina, ingestión de agua por ganado diario, ingestión de agua por ganado de carne de res, ingestión de agua por gallina, uso de agua de lluvia y uso de agua en casa.

#### Resultados del Modelamiento

Los resultados del modelamiento de cada uno de los compuestos, constan de 18 hojas y se encuentran en una mica, la primer página es la principal, ver el ejemplo abajo, en donde tenemos del lado izquierdo captura de datos: el nombre del compuesto químico el **Naftaleno**; escenario; factores de exposición; datos de toxicidad (inhalación = 0.0 E +00, ingestión = 0.0 E +00, dérmico = 0.0 E +00 y los ADIs (mg/kg-d).

Riesgo objetivo y peligro = 1.0 E -05 (espesor de suelo-raíz = 0.2, espesor de suelo-raíz alterado? n/a, Distancia de exposición desde la TDS = 420 metros, concentración inicial cuando comienza la exposición = 365 días); concentraciones medidas (a tiempo=0) (del suelo de la zona de raíz = 0.66 mg/kg, suelo de la zona vadosa = 0.66 mg/kg y agua subterránea = 0.2 mg/l); y del lado derecho resumen de resultados generados por el modelo Caltox, como es la proporción de riesgo/peligro no mitigado: riesgo con 0.0 E +0 y proporción de peligro con 1.1 E -4.

Además de la concentración de suelo objetivo (en ppm) con la zona de raíz de 1.0 E +5, y de la zona vadosa n/a; riesgo de cáncer, de la zona de raíz de 0.0 E

**Caltox™ 4.0 BETA:Modelo de Exposición Multimedia de Ocho Compartimentos-Suelo Contaminado.**  
 Copyright© 2002

Química → Napftaleno  
 Paisaje → Sitio residencial California  
 Establecer los factores de exposición → Fact. Exp. Resid

Datos de Toxicidad →

	Potenciales 1/(mg/Kg-d)	ADIs (mg/Kg-d)
Inhalación	0.0 E +00	0.00257143
Ingestión	0.0 E +00	0.04
Dérmica	0.0 E +00	0.04
Dosis total		0.04

\* Riesgo Objetivo / Peligro =  $1 \times 10^{-5}$       Cociente de Peligro = 1.00

Valor común      Debe ser

Espesor de suelo-raíz → 0.2      9.6 E -1

Espesor de suelo-raíz alterado? n/a

Distancia de exposición desde TDS 4.0 E +02 metros

Concentración inicial después-tiempo

Cuando comienza la exposición 365 días

\*Concentraciones Medidas(a tiempo=0)

Suelo-zona de raíz	0.66	ppm(mg/kg)
Suelo-zona vadosa	0.66	ppm(mg/kg)
Agua Subterránea	0.02	ppm(mg/l)

**Resumen de resultados**

ver por favor advertencias

Proporción de peligro y/o riesgo no mitigado

Riesgo	0.0 E +0	
Proporción de peligro	1.1 E -4	

**Concentración de Suelo Objetivo (ppm)**

Riesgo de cancer base

Suelo de raíz	0.0 E +0	no disponible
Suelo vadosa	error	no disponible
suelo de raíz		1.0 E +5
suelo vadosa		n/a

Peligro base

suelo raíz	1.0 E +5
suelo vadosa	error

Limites de concentración sin NAPL

Suelo raíz	1.6 E +06	mg/kg sólido
Suelo vadosa	1.6 E +06	mg/kg sólido
Agua Subterránea	1.6 E +06	mg/kg agua

Cuadro. VI. Modelamiento de los Resultados de HAP's del Modelo Caltox.

+0 y de la zona vadosa error y finalmente peligro, de la zona de raíz de 1.0 E +5 y la zona vadosa error.

Ejemplo representando al Naftaleno, lado izquierdo captura de datos, lado derecho resumen de resultados. En el cuadro VI tenemos un concentrado de los resultados generados por el modelo Caltox de los 12 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.

Para este trabajo se utilizó el Modelo Multimedia Caltox o herramienta de cálculo, con la cual se proporciona información para la toma de decisiones de análisis de riesgo en un escenario real.

El proyecto consideró la Trampa de Diablos Sur del Activo Dos Bocas. A partir de datos proporcionados y los generados con el programa Caltox se obtuvo estimaciones de riesgo potencial para cualquier persona o trabajador que labore en el sitio elegido bajo escenarios de contaminación.

### Conclusiones y Recomendaciones

Para el caso específica de la TDS, se obtuvieron resultados que se encuentran por debajo del límite permisible indicado por la Norma Oficial Mexicana 138-SEMARNAT/SS 2003 publicada el 30 de marzo

	Riesgo de cáncer	Riesgo de cáncer	Peligro	Peligro	Concentración de suelo objetivo (ppm)	Concentración de suelo objetivo (ppm)	Proporción de peligro y/o riesgo no mitigado	Proporción de peligro y/o riesgo no mitigado
Compuesto	Suelo zona de raíz	Suelo zona vadosa	Suelo zona de raíz	Suelo zona vadosa	Suelo zona de raíz	Suelo zona vadosa	Riesgo	Peligro
Acenapteno	0.0 E +0	Error	1.0 E +5	Error	1.0 E +5	n/a	0.0 E +0	1.1 E -3
Antraceno	0.0 E +0	Error	1.0 E +5	Error	1.0 E +5	n/a	0.0 E +0	9.5 E -5
Benzo(a)antraceno	1.0 E +3	Error	0.0 E +0	Error	1.0 E +3	n/a	8.7 E -7	0.0 E +0
Benzo(b)fluoranteno	1.0 E +3	Error	0.0 E +0	Error	1.0 E +3	n/a	2.0 E -7	0.0 E +0
Benzo(a)pireno	1.0 E +3	Error	0.0 E +0	Error	1.0 E +3	n/a	5.6 E -6	0.0 E +0
Criseno	1.0 E +3	Error	0.0 E +0	Error	1.0 E +3	n/a	2.1 E -8	0.0 E +0
Dibenzo (a,h) antraceno	1.0 E +3	Error	0.0 E +0	Error	1.0 E +3	n/a	8.2 E -7	0.0 E +0
Fluoranteno	0.0 E +0	Error	1.0 E +5	Error	1.0 E +5	n/a	0.0 E +0	1.3 E -2
Fluoreno	0.0 E +0	Error	1.0 E +5	Error	1.0 E +5	n/a	0.0 E +0	6.6 E -4
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	1.0 E +3	Error	0.0 E +0	Error	1.0 E +3	n/a	9.5 E -7	0.0 E +0
Napftaleno	0.0 E +0	Error	1.0 E +5	Error	1.0 E +5	n/a	0.0 E +0	1.1 E -4
Pireno	0.0 E +0	Error	1.0 E +5	Error	1.0 E +5	n/a	0.0 E +0	1.6 E -4

Cuadro. VI. Modelamiento de los Resultados de HAP's del Modelo Caltox.

del 2005. “Límites Permisibles de Hidrocarburos en Suelos para Uso Industrial” (ver tabla 4). Por lo que se puede establecer que no existe riesgo de cáncer para los trabajadores en esta área.

Por otra parte, el modelo Caltox, indica que para que exista riesgo de cáncer potencial a los trabajadores de la TDS, la concentración límite de los compuestos considerados como **no carcinogénicos** como son el acenafteno, el antraceno, el fluoranteno, el fluoreno, naftaleno y el pireno debe ser de 100,000 mg/kg. En el caso de los compuestos considerados como **carcinogénicos** como son el benzo (a) antraceno, el benzo (b) fluoranteno, el benzo (a) pireno, el criseno, el dibenzo (a,h) antraceno y el indeno (1,2,3-c,d) pireno, la concentración de riesgo de cáncer potencial debe ser 1,000 mg/kg, por lo tanto, en este sitio el riesgo de cáncer es prácticamente nulo.

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se emiten las siguientes recomendaciones:

1. En el sector contaminado de agua subterránea se requerirían acciones de limpieza o biorremediación in-situ que permitan reducir o mitigar las concentraciones tanto de hidrocarburos carcinógenos (como el benzoantraceno), como de los hidrocarburos no carcinógenos. Esto permitirá eliminar cualquier factor de impacto ambiental en la zona así como reducir la factibilidad de riesgos ambientales de carácter secundario (como ingestión de moluscos o peces contaminados), dada la movilidad de compuestos químicos en fases disueltas.
2. Asimismo, se recomienda evaluar la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos mediante la vigilancia biológica a la exposición. El objetivo de este enfoque sería obtener estimaciones confiables de la dosis acumuladas de HAP's tanto en humanos como en organismos de la cadena trófica. El método más utilizado para esta evaluación es la cuantificación de los metabolitos de pireno en la orina (1-hidroxipireno) en cual presenta una buena correlación con el Pireno, Benzo (a) pireno y los HAP's totales de la atmósfera de trabajo.
3. Aplicar procedimientos de Higiene y Seguridad

Industrial, como monitoreo en atmósfera HAP's en jornadas laborales comunes (promedio 8 horas), en distintos periodos del año, para obtener el factor de acumulación anual vía ingestión respiratoria.

4. Uso de los puntos faltantes de cálculo es el factor de biotransferencia por alimentos convencionales o consumo de peces o productos acuáticos en el área de trabajo. Aunque en el presente proyecto se utilizaron datos de población humana que habita en zonas residenciales de California, Estados Unidos, esta diferencia genera incertidumbre en la determinación de riesgo para el área específica de trabajo. Por lo anterior, se recomienda efectuar estudios en el futuro que aporten datos reales para las zonas petroleras del Estado de Tabasco.
5. Finalmente, los cálculos hechos por el Modelo Multimedia Caltox mostraron que las concentraciones de HAP's encontradas en el suelo de la TDS, no representa riesgo par la salud de los trabajadores. Sin embargo, los resultados no pueden ser extrapolados para sitios cerrados que manejen hidrocarburos o bajo circunstancias de exposición permanente, como es el caso de almacenamiento y trampas de hidrocarburos en drenajes, fosa de quema de hidrocarburos y estaciones de servicio.

Se recomienda por lo tanto, efectuar evaluaciones específicas para trabajadores en sitios que presenten estas características de exposición laboral.

## Bibliografía

**ASTM, 1995.** Standard Guide for Risk Based Corrective Action Applied at Petroleum Sites, ASTM-1939-95.

**ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 1995.** "Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)". Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service <[www.atsdr.cdc.gov/tfacts69.html](http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts69.html)> [Consulta: 6 Agosto 2004].

**Buchanan, J.B. 1984.** Sediment Analysis. In: Holme, N. A. y McIntyre, A. D. (Eds.). Methods for the study of marine benthos. Second Edition. 3:41-65. Blackwell Scientific Publication. Oxford.

**Buonicore, A.J. (Editor), 1996.** Cleanup criteria for Contaminated Soil and Groundwater. *A&WMA-ASTM DS 64*, pp. 1-20.

**Buonicore, A.J. (Editor), 1996.** Cleanup criteria for Contaminated Soil and Groundwater. *A&WMA-ASTM DS 64*, pp. 1-20.

**Covello, V.T. y Merkhofer, M.W., 1993.** *Risk Assessment Methods*. Plenum Press, Nueva York, pp. 262-263.

**Hopkins, D., 1998.** Derivation of Risk-based cleanup goals, for PCB-contaminated soils at the Winston-Thomas site, Bloomington, Indiana. <http://mcni.net/copa/wt/hbcg/criter.htm>

**Huesemann, M.H., 1997.** Incomplete Hydrocarbon Biodegradation in contaminated soils: Limitations in Bioavailability or Inherent Recalcitrance? *Bioremediation Journal* 1(1):27-39.

**INEGI, 1996.** "Cuaderno Estadístico Municipal Paraíso Estado de Tabasco". 141 p.

**Malander, M., 1998.** Selection of carcinogenic Target Risk. Levels for Soil and Ground Water Remediation. *Mobil Oil Corp.* <http://www.epa.gov/OUST/rbdm/sctrlgw.htm> updated May 6, 1998.

**Norma Oficial Mexicana. 2003.** NOM-138-SEMARNAT/SS-Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos y las Especificaciones para su Caracterización y Remediación, publicado en el Diario Oficial Federal el 29 de marzo de 2005.

**Smucker, S.J. 1997.** Region 9 Preliminary Remediation Goals. *Risk screening*. <http://www.epa.gov/region09/waste/sfund/p...ndex.html>, 1-18 p.

**U.S.EPA. 1994.** GLOSSARY, Abbreviations, and Acronyms, United States Environmental Protection Agency, Communications, Education, And Public Affairs (1704) EPA 175-B-94-015.



# CONTENIDO

<b>El Valor Socio-Ambiental del Agua: El Reto Futuro de la Política Pública en México</b> JOSÉ A. OSEGUERA PONCE .....	5
<b>Análisis de Regresión Lineal en un Sistema de Información Geográfico para determinar la Tasa de Deforestación en el Estado de Tabasco</b> JUAN JAVIER CASTILLO RAMIRO, LILLY GAMA Y CAROLINA ZEQUEIRA LARIOS .....	15
<b>El camino hacia el <i>Homo sapiens</i></b> ARMANDO ROMO LÓPEZ Y JULIA MARÍA LESHER GORDILLO .....	19
<b>Hongos Entomopatógenos como una alternativa en el control Biológico</b> MANUEL ANTONIO GARCÍA GARCÍA, SILVIA CAPPELLO GARCÍA, JULIA MARÍA LESHER GORDILLO Y RENE FERNANDO MOLINA MARTÍNEZ .....	25
<b>Producción de insulina a partir de organismos bacterianos: Revisión bibliográfica para la técnica molecular</b> VIRIDIANA ROSABELHI SOTO POL, JAVIER HERNÁNDEZ GUZMÁN, YAZMÍN MORALES HERNÁNDEZ Y ONÉSIMO DIOS DE LA CRUZ .....	29
<b>El látex en México, Una Visión Histórica</b> RENÉ FERNANDO MOLINA MARTÍNEZ Y JULIA MARÍA LESHER GORDILLO .....	35
<b>Determinar el Análisis de Riesgo Toxicológico de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos a la salud humana de los trabajadores, utilizando el modelo Caltox</b> JOSÉ GUADALUPE CARMEN MORALES FORTANEL .....	41
<b>Técnicas de Reversión Sexual Aplicadas en Acuicultura</b> JUAN MANUEL VIDAL LÓPEZ, WILFRIDO MIGUEL CONTRERAS SÁNCHEZ, CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ GONZÁLEZ, ARLETTE AMALIA HERNÁNDEZ FRANYUTTI Y ULISES HERNÁNDEZ VIDAL .....	49
<b>NOTA</b>	
<b>Preferencias alimenticias de las especies comerciales más importantes del genero <i>Lutjanus</i> en el litoral costero del estado de Tabasco, México</b> ARTURO GARRIDO MORA, PAVEL ALEKSEI CASTILLO-ENRIQUEZ Y FCO. JAVIER FELIX TORRES .....	55
<b>Buscadores Verdes (Green Browsers)</b> LILLY GAMA .....	59
<b>NOTICIAS</b>	
<b>Proyectos de Investigación .....</b>	63
<b>Avisos .....</b>	69

