

## **DETERMINACIÓN DE Ni y Pb EN SUELO RESTAURADO POR IMPACTO DE EXPLOSION DE GASODUCTO EN EL MPIO DE CUNDUACAN, TABASCO (REGION CHONTALPA).**

L. Q. Abraham Gómez Rivera<sup>1</sup>;  
M. en C. María Antonia Lunagómez Rocha<sup>1</sup>  
M. en C. Petrona Gómez Rivera<sup>2</sup>;  
Ing. José A. Irineo Miganjo<sup>2</sup>;  
T.S.U Alejandro Pérez Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
División Académica de Ciencias Básicas. Km 1.5 Carr Cunduacán-Jalpa;  
Cunduacán Tabasco. [abraham.gomez@basicas.ujat.mx](mailto:abraham.gomez@basicas.ujat.mx).

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Tabasco.  
División de Tecnología Ambiental. Km 15 Carr. Villahermosa-Teapa.

### **INTRODUCCIÓN**

El acelerado desarrollo industrial de los países latinoamericanos, han aportado importantes beneficios económicos, tecnológicos y sociales; sin embargo, desde el punto de vista ambiental, tal desarrollo ha generado serios impactos a los recursos naturales y a la salud del hombre.

En México, la industria minera es una de las actividades que desde siglos atrás extrae recursos minerales como el Cu, Zn, Ag, y Pb, registrando con ello, contaminación ambiental de las zonas aledañas (Velasco, et al 2004); a esta importante actividad industrial, se le sumo la extracción del petróleo que desde la década de los 40's ocupa una basta extensión del territorio mexicano. El procesamiento de estos recursos genera grandes cantidades de residuos sólidos, líquidos y gaseosos que contaminan el suelo, subsuelo, el agua y el aire.

El impacto ambiental causado por la contaminación por metales, depende de la capacidad de acomplejamiento de estos con el suelo y agua, así como de las condiciones fisicoquímicas y biológicas del entorno, los cuales pueden cambiar el estado de oxidación de los metales. El cambio de estado de oxidación y el pH pueden incrementar o disminuir el riesgo potencial de biodisponibilidad de un metal en el suelo (USEPA, 2001). En el caso particular de los suelos, si los metales se encuentran biodisponibles, pueden afectar la fertilidad y/o uso posterior de los mismos, mientras que en el caso de cuerpos de agua, pueden afectar seriamente el uso para el consumo humano (Velasco, et al 2004).

El níquel (Ni), es un carcinógeno para las vías respiratorias en trabajadores de la industria del refinamiento del níquel. La dermatitis por contacto de origen alérgico es frecuente en la población en general. Una deficiencia de níquel altera el metabolismo de glucosa y disminuye la tolerancia a esta última.

El níquel solo se absorbe poco a partir del tubo digestivo. Se transporta en el plasma unido a albúmina sérica y a múltiples ligados orgánicos pequeños, aminoácidos y polipéptidos. La excreción en la orina es casi completa en cuatro o cinco días. Durante los últimos años se han acumulado pruebas que indican que el níquel es un oligoelemento esencial desde el punto de vista de la nutrición. Se ha demostrado que durante 40 años que la exposición ocupacional a níquel predispone a los seres humanos cánceres pulmonar y nasal (Klaassen, 2000).

El plomo (Pb), uno de los metales pesados con mayor importancia en cuanto a contaminación, es relativamente abundante y sus concentrados pueden obtenerse fácilmente a partir del

mineral bruto, dando origen al plomo metal con un consumo energético relativamente significativo. Todo ello se traduce en un precio del plomo bajo en comparación con el de otros metales no férricos. El plomo puede reciclarse, obteniéndose plomo secundario, a partir de baterías desechadas, de chatarras y residuos plomíferos y de otros productos o residuos que contengan plomo, así como de procesos productivos de otros metales tales como acero, cobre o zinc (Papanikolaou, et al, 2005).

La exposición al plomo es una amenaza seria para los seres humanos, ya que no es un elemento esencial, puede penetrar al organismo por la vía respiratoria, digestiva y cutánea, dependiendo de éstas se incorpora en los tejidos. Si se encuentra en los tejidos blandos hay la posibilidad de que sea expulsado mediante la orina, sin embargo si hay una alta concentración de plomo en la sangre se fija en los huesos siguiendo un metabolismo paralelo al del calcio, de esta manera origina problemas en el organismo como falta de crecimiento, perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos y abortos sutiles, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de la fertilidad del hombre (Klaassen, 2000).

En el caso de derrames de hidrocarburos al suelo, los principales efectos se presentan en la reducción o inhibición de la cobertura vegetal, cambios en la fauna y biota microbiana, contaminación por infiltración a los acuíferos (Pardo, et al 2004), así como efectos en la física y química de las propiedades del suelo (SEMARNAT, 1996).

En el Sureste Mexicano, los efectos de la explotación intensiva del petróleo han propiciado un alto grado de contaminación de sitios que a veces alcanzan a cubrir varias hectáreas de la región, y que resulta una forma de desierto biológico en donde el crecimiento de especies vegetales y animales es mínimo (Adams, 1997).

Estudios realizados por Zavala (et al, 2003a; 2003b) revela la presencia de hidrocarburos alifáticos totales (HAT), poliaromáticos totales (HPA) y metales (Cd, Ni, Pb, V, Cu y Zn) en suelos Gleysols y Fluvisols del campo petrolero Samaria en Tabasco. Colectaron muestras de suelo de ocho perfiles localizados en zonas con densidades de instalaciones petroleras: alta, media, baja y nula, de las cuales obtuvieron que: los contenidos de hidrocarburos en el suelo no correlacionaron con la densidad de instalaciones petroleras; sin embargo, se observaron variaciones en relación al tipo de suelo registrando los niveles más altos de hidrocarburos en perfiles de Gleysols; en el Fluvisol, los niveles de HAT fueron los más altos en el perfil sin industria petrolera, indicando que hubo aportes externos, también reportan que los HAP con potencial carcinogénico mostraron concentraciones superiores a las normales en todos los perfiles de Gleysols y Fluvisols.

Las determinaciones de metales pesados (Cd, Ni, Pb, V, Cu y Zn) en suelo y granos de maíz del campo petrolero Samaria, ubicaron sus contenidos por encima de los niveles críticos en suelos Gleysols y Fluvisols. En varios perfiles, el maíz presentó contenidos de Ni y Cd superiores a los normales en plantas. Concluyendo que es necesario realizar investigaciones específicas para conocer las fuentes y rutas de los metales Ni, Pb y Cd, el riesgo toxicológico en cultivos y su posible infiltración en el manto freático.

Las instalaciones de extracción y transporte del petróleo poseen riesgos inherentes de fugas de aceite, petróleo y gas, que a la vez representan riesgos a la salud humana, contaminación de agua y suelo; así mismo, dichas actividades producen residuos que frecuentemente no reciben un manejo y disposición apropiados (Adams et al, 2002).

En Tabasco, la actividad petrolera ha sido un importante polo de desarrollo, sin embargo, los derrames de hidrocarburos en suelo y agua han sido y son temas de gran importancia social, económica y ambiental. Los trabajos de restauración de sitios contaminados por fugas o derrames de hidrocarburos cobraron especial interés a finales de los 80's. A partir de entonces, la industria petrolera mexicana ha incrementado sus esfuerzos para proteger y restaurar el sureste mexicano con la participación de empresas o compañías nacionales e internacionales que ofrecían varias tecnologías para restaurar suelos. Sin embargo, es preciso reconocer que en la década de los 80's, la falta de especificaciones ambientales para la restauración de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos constituía uno de los principales factores de incertidumbre sobre la efectividad de los resultados de la remediación (Gómez, 2007).

En 2006, Gómez y Geissen evaluaron el efecto de dos tecnologías (Biorremediación y Landfarming) de restauración sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, usando suelo testigo y restaurado, encontraron que las dos tecnologías evaluadas causaron cambios o efectos significativos el pH, contenido de M.O., contenido de arena y N<sub>tot</sub> del suelo restaurado comparado con los testigos de ambas tecnologías evaluadas

Con el objetivo de conocer los niveles de descontaminación de un suelo ya restaurado que había sido impactado por la fuga de un gasoducto en la R/a Huimango, del municipio de Cunduacán, Tabasco; se realizó un estudio preliminar tomando como criterio la comparación de un sitio restaurado y un sitio testigo (suelo que no ha recibido impacto por hidrocarburos, y que tiene características similares al restaurado), para determinar la presencia de plomo (Pb) y níquel (Ni).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *Antecedentes*

El 8 de julio del 2005, ocurrió la explosión de un gasoducto de 48"Ø por 54 km de largo, que transportaba gas amargo a los campos petroleros de Puerto Ceiba, Litoral y Vapores de Dos Bocas Paraíso, Tab.

La explosión fue a la altura del km 22 de la carretera Cunduacán-Comalcalco, impactando zonas aledañas pertenecientes a la R/a Huimango 3ª sección, de Cunduacán, Tab; a una latitud Norte 18 ° 09 ' 09.1 " y a la longitud 93 ° 11' 44.6 " oeste. La Paraestatal Pemex Exploración y Producción se responsabilizó de la restauración de las áreas así como de los daños a los pobladores.

### *Descripción del área*

El municipio de Cunduacán tiene clima cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano, con temperatura media anual de 26.2°C, siendo la máxima media mensual en mayo con 30.5°C, y la mínima media mensual en diciembre y enero con 22.5°C.

El régimen de precipitaciones se caracteriza por un total de caída de agua de 1,947 mm anuales con un promedio máximo mensual de 327 mm en el mes de septiembre y una mínima mensual de 6 mm en el mes de abril (INEGI, 1999).

Las mayores velocidades del viento se concentran en los meses de noviembre y diciembre que alcanzan los 30 km/h presentándose en el mes de junio los menores con velocidades de 18km/h.

Los suelos del Municipio, están clasificados como gleysoles, que son suelos de textura generalmente arcillosa o franca que presentan problemas de humedad por drenaje deficiente. También se encuentran suelos fluvisoles, asociados a las márgenes del río Samaria, el cual atraviesa al municipio de oeste a este.

El uso del suelo del Municipio es 35% es agrícola, el 57% es pecuario, el 1% forestal, el 7% para áreas urbanas, cuerpos de agua y áreas improductivas.

### *Muestreo*

En junio de 2007, se seleccionó un sitio restaurado y un sitio testigo (suelo que no ha recibido impacto por hidrocarburos, y que tiene características similares al restaurado).

La recolección de muestras de suelo para analizar con Pb y Ni se realizó con base a la NMX-AA-132-SCFI-2006, usando una barrena hand auger para el muestreo horizontal, se colectaron muestras a tres profundidades (0 a 30 cm, 31 a 60 cm, 61 a 90 cm); se transportaron en frascos de vidrio con tapa de polietileno. Las muestras se conservaron a una temperatura de 4 °C a 6 °C hasta su análisis. (Ver fotografía 1 y 2)



**Fotografía 1. Usando el Hand auger para muestreo del suelo restaurado.**



**Fotografía 2. Muestra recolectada con barrena de acero inoxidable.**

### *Tratamiento de las muestras*

Las muestras recolectadas fueron secadas a una temperatura aproximada de 35 °C, molidas en un mortero con pistilo y tamizadas con una malla de acero inoxidable de 2mm de diámetro. (Ver fotografía 3)



### Fotografía 3. Muestra colectada en frasco de vidrio, cerrado y etiquetado.

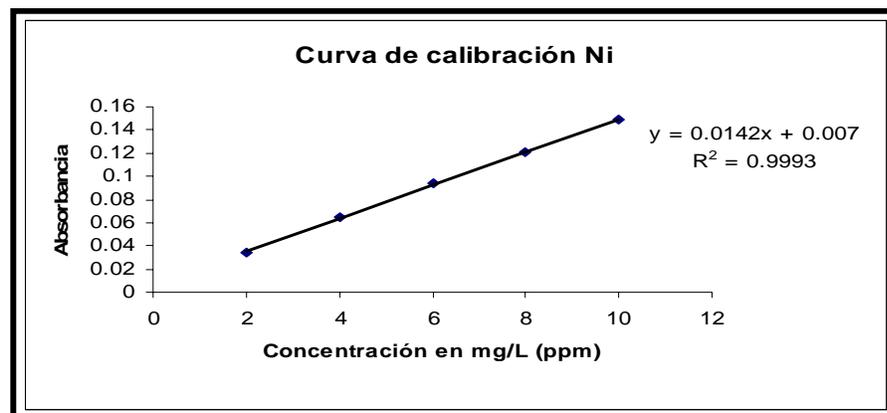
Posteriormente, para extraer el Ni y Pb de la muestra de suelo, a cada muestra se le aplicó una digestión ácida de acuerdo a la norma USAEPA 7000 ATOMIC ABSORPTION METHODS. Este proceso consistió en poner a reflujo 1gr. de la muestra de suelo con 10ml de HNO<sub>3</sub> durante 15 minutos. Pasados los 15 minutos, la mezcla se colocó a reflujo por 30 minutos, agregándole 5ml más de HNO<sub>3</sub>. Una vez terminado el proceso, el volumen de la mezcla se evaporó a 5ml aproximadamente, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se le añadió 3ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> con 2ml de agua des-ionizada. Después, se redujo el volumen de la mezcla a 5ml aproximadamente, poniéndola a evaporación. Posteriormente, la mezcla se reflujo durante 15 minutos, agregándole 10ml de HCl. Por último se filtró con papel filtro número 42 y se aforó a 100ml con agua des-ionizada (USAEPA 3050 A).

#### *Cuantificación de metales por absorción atómica*

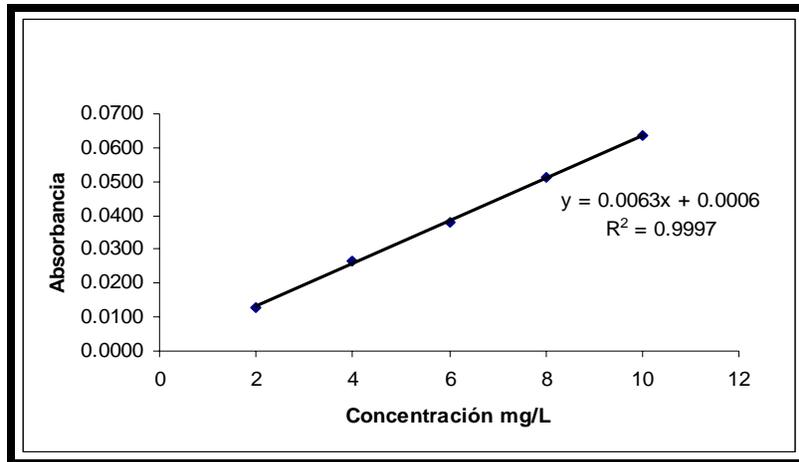
Las muestras digeridas se analizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica marca PerkinElmer, modelo AAnalyst™ 700. (Ver fotografía 4)

Antes del análisis de las muestras, se corrió en el equipo la curva de referencia de Ni y la curva de referencia de Pb, con concentraciones de 2, 4, 6, 8 y 10 ppm utilizando estándares de los mismos metales respectivamente.

La curva de referencia de Ni obtuvo un coeficiente de correlación de 0.9993, (Gráfica 1) y el coeficiente de correlación del Pb fue de 0.9997 (Gráfica 2).



Gráfica 1. Curva de Calibración para Ni



**Gráfica 1. Curva de Calibración para Pb**

Los resultados se analizaron estadísticamente (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre los dos sitios (testigo y restaurado).



**Fotografía 4- Análisis de las muestras por absorción atómica.**

## RESULTADOS

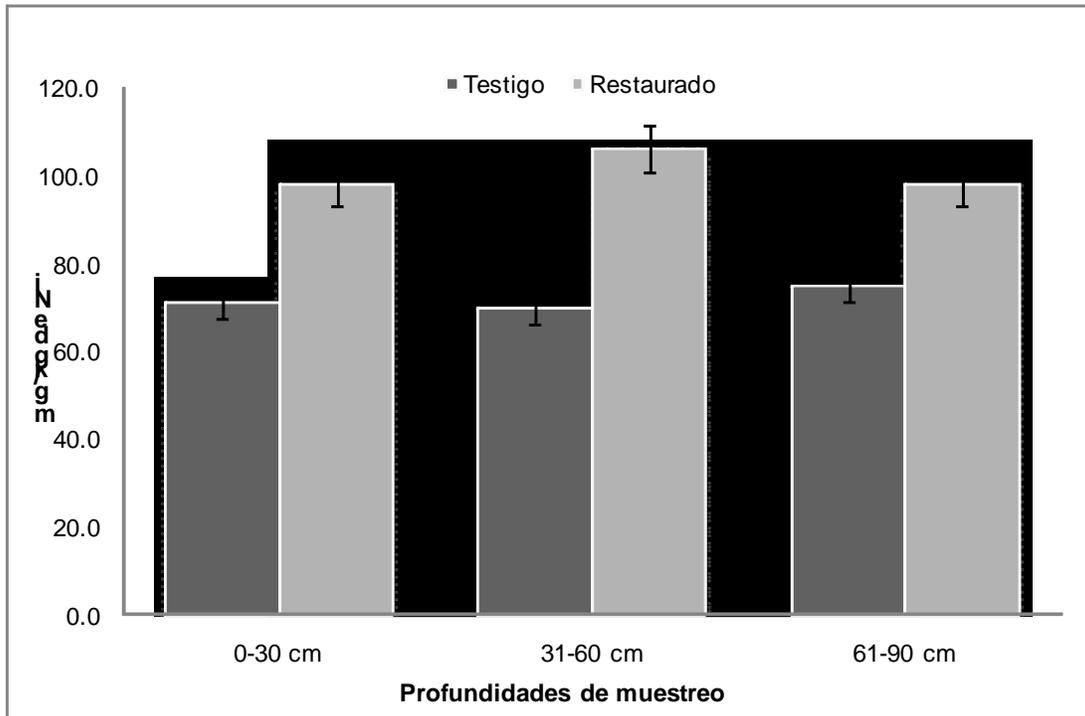
### *Concentraciones de Ni en el suelo*

El análisis de varianza, presenta diferencias significativas ( $p < 0.05$ , Tukey) en la concentración de Ni entre el suelo testigo y el restaurado (Gráfica 3).

A la profundidad de 0 a 30cm, el promedio de la concentración de Ni en el suelo restaurado se eleva 37.69% en relación al suelo testigo; en el segundo nivel de profundidad (31-60 cm) el suelo restaurado tiene una mayor concentración de Ni (106.2 mg/kg) que la muestra del suelo testigo (69.6 mg/kg), estando arriba por 52.58%; en la profundidad de 61 a 90 cm, la concentración de Ni en el suelo restaurado también es mayor (98.0 mg/kg) que la del suelo testigo (75 mg/kg) representando un 30.53% más que el testigo.

Por otro lado, las concentraciones de Ni en el suelo testigo y restaurado no cumplen con los valores sugeridos en la NOM-021-RECNAT-2001, pues los resultados se encuentran arriba de

los 50 mg/kg considerados como normal y algunas superan los 100mg/kg considerados como peligroso.



**Gráfica 3. Promedio de las concentraciones de Ni a tres profundidades de suelo**

#### *Concentraciones de Pb en el suelo*

Las diferencias significativas ( $p < 0.05$ , Tukey) de la concentración de Pb se encontraron en el primer y tercer nivel de profundidad de muestreo (0-30 y 61-90 cm) entre el suelo testigo y el restaurado (Gráfica 4).

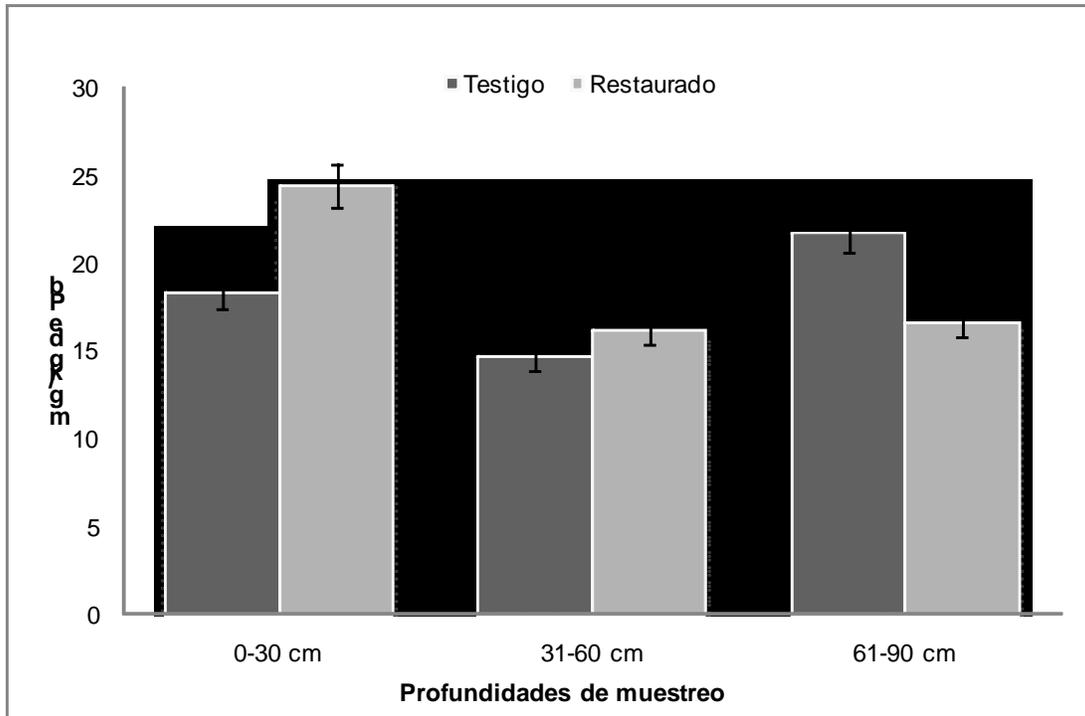
A una profundidad de 0 a 30 cm, la concentración de Pb en el suelo restaurado se eleva un 33.33% con la del suelo testigo.

En el segundo nivel de profundidad (31 a 60 cm), el promedio de la concentración del testigo es 14.6 mg/kg y de 16.1 mg/kg en el restaurado, sin diferencias significativas entre estos.

En el último nivel de profundidad que va de 61 a 90 cm, se presentó un efecto inverso en la concentración de Pb en relación al primer nivel de profundidad (0-30 cm) en el suelo testigo con el suelo restaurado, teniendo el testigo una mayor concentración de Pb (21.7 mg/kg) que la muestra del suelo testigo (16.6 mg/kg), con un porcentaje del 10.27% arriba de la concentración del restaurado.

Por otro lado, no es posible deducir si hay migración de este metal al subsuelo, debido a que las concentraciones del suelo restaurado son similares a la del suelo testigo.

En referencia a la NOM-021-RECNAT-2001, las concentraciones de Pb en el suelo testigo están por debajo del valor normal, y las concentraciones en el suelo restaurado cumplen con la norma mencionada sin superar los 35 mg/kg como valor normal de plomo en suelo.



Gráfica 4. Promedio de las concentraciones de Pb a tres profundidades de suelo

## CONCLUSIONES

En el caso de Ni, se determinó que las concentraciones de este metal en el suelo restaurado están por encima de las del suelo testigo, existiendo diferencia significativa entre estos.

Comparándolas con la normatividad, las concentraciones de Ni en el suelo restaurado no cumplen con los valores sugeridos por la NOM-021-RECNAT-2000 como normales, las muestras del suelo testigo se encuentran en un rango de 17.0 a 33.0mg/kg arriba del valor sugerido como normal.

Las cantidades de Ni que posee el suelo es dañina para el ambiente y puede tener repercusiones en su uso como suelo agrícola.

En el caso de Pb, se determinó que las concentraciones de este metal en el suelo restaurado son más elevadas que en el suelo testigo, pero con una mínima diferencia, teniendo concentraciones similares. De acuerdo con la normatividad, las concentraciones de Pb en el suelo restaurado están por debajo de los valores sugeridos como normales, teniendo que la concentración máxima encontrada de Pb en las muestras fue de 27.8mg/kg, cumpliendo con la norma. Por otro lado, las concentraciones de Pb en el suelo testigo también se encuentran por debajo de los valores sugeridos como normales.

En las distintas profundidades analizadas, no se encontró migración de plomo hacia el subsuelo, los niveles de Pb no son altas de acuerdo a la norma.

Se recomienda, continuar la investigación ampliando el número de muestras de suelo e incluir otros parámetros no considerados en esta evaluación preliminar.

## BIBLIOGRAFÍA

**Adams S. R.** 1997. Fitorremediación con mangle blanco de áreas impactadas con hidrocarburos y su manejo agrosilvo- ecosistema: Parte I *Kuxulkab Numero 5 y 6. Año III y IV.* División Académica de Ciencias Biológicas Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Pag. 32-42

**Adams S. R., Domínguez V. y Vinalay L.** 2002. Evaluación de la respiración microbiana y Ecotoxicidad en suelos contaminados representativos de la zona petrolera del sureste mexicano. *Terra* 20/3:253-265

**Adiano, D.C.**1986. Trace elements in the terrestrial environmental. Springer

**Box G., Hunter W. y Hunter S.** 2002. Estadística para investigadores. Editorial Reverté. México 673 pp.

**Foth, H. D.,** 1985. Fundamentos de la ciencia del suelo. Compañía editorial Continental, S.A de C.V. 3era edición. México

**INEGI.** Cuaderno Estadístico Municipal de Cunduacán, Tabasco. Gobierno del Estado. 1999

**Kabata- Pendías A. y H. Pendías** 1992. Trace elements in soils and plants 2nd ed. CRC Pres

**Klaassen, C.D.;** Watkins, J. B. III. Casarett & Doull, Manual de Toxicología. USA. Mc. Graw Hill, 2000. pp. 677 – 683, 689 – 690.

**Moreno Grau.** 2003 Toxicología Ambiental, evaluación de riesgo para la salud humana. Editorial Mc Graw Hill

**Gómez R.P. y Geissen V.,** 2006. Evaluación de los efectos fisicoquímicos de dos tecnologías de restauración en suelos contaminados con hidrocarburos en sitios de Comalcalco y Huimanguillo, Tabasco. Memorias del XXXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tamaulipas, México

**Gómez R.P.** 2007. Efectos de dos tecnologías de restauración de suelos contaminados con hidrocarburos, sobre las propiedades del suelo en Tabasco. Tesis de posgrado. División Académica de Ciencias Biológicas Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

**NMX-AA-132-SCFI-2006.** Norma Mexicana de muestreo de suelos para la identificación y cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra,

**NMX-AA-132-SCFI-2006.** Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra.

**NOM-021-RECNAT-2000.** Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre del 2001.

**Ortíz, B. O., IZe L.I., Gavilan, G.A.** 2003. La restauración de suelos contaminados con hidrocarburos en México. Instituto Nacional de Ecología Gaceta Ecológica 69:83-92

**Pardo, C.J.L., Perdomo, R.M.C., y Benavides, L. J.L.** Efecto de la adición de fertilizantes orgánicos compuestos en la degradación de hidrocarburos en suelos contaminados con petróleo. NOVA Publicación Científica 2004:(2):40-49

**Papanikolaou N. C.** et al - Lead Toxicity update, Med Sci Monit 2005, 11(10); 329-336.

**Pérez S. A.** 2007. Evaluación de la restauración de un suelo, por cuantificación de Pb (plomo) y Ni (níquel). Trabajo recepcional para obtener el título de Técnico Superior Universitario en Tecnología Ambiental. Universidad Tecnológica de Tabasco

**Rubio C.,** et al, El plomo como contaminante alimentario, Revista de Toxicología, 21: 72-80, 2004.

**SEMARNAT, 1996.** Los Suelos de Tabasco. Restauración, Conservación y Uso. Gobierno del Estado de Tabasco

**Seoáñez C.M.1999.** Contaminación del suelo, estudios, tratamiento y gestión. España. Mundi-prensa, pp. 169 – 176.

**U.S. Environmental Protection Agency.** 2001. Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report. 10th Edition. Office of Solid Waste and Emergency Response. <http://www.epa.gov/TIO>.

**U.S. Environmental Protection Agency (EPA).** Acid digestión of sediments, sludges and soils. Method 3050B. 2da edición. USA, EPA, 1996.

**U.S. Environmental Protection Agency (EPA).** Atomic absorption methods. Method 7000A. USA, EPA, 1992.

**Velasco Trejo J. A., De la Rosa P.A., Solórzano O. G., y Volke S.T.L. 2004.** *Evaluación de tecnologías de remediación para Suelos contaminados con metales.* SEMARNAT-INE. Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental.

**Yaron, B.C. y Prost R.,** 1996. Soil Pollution: Proceses and Dynamics. Springer

**Zavala J., Botello A., Adams R. y Ruiz A.,** 2003a. Hidrocarburos Alifáticos en las tierras En Zavala J., Ma. Del C. Gutiérrez C. y D. Palma-López. "Impacto Ambiental en las Tierras del Campo Petrolero Samaria, Tabasco" Colegio de Posgraduados- CONACYT-CCYTET. Villahermosa, Tabasco. México. Pág. 53-71.

**Zavala J., Palma-López D y Ruiz A.,** 2003b. Metales pesados en Tierras y grano de Maíz. En Zavala J., M. Gutiérrez C. y D. Palma-López. Impacto Ambiental en las Tierras del Campo Petrolero Samaria, Tabasco. Colegio de Posgraduados- CONACYT-CCYTET. Villahermosa, Tabasco. México. Pág. 73-97