

CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS DEL LECHO DEL CAÑO CARIBITO, ESTADO BARINAS*

Sediment description of Caribito Stream bed, Barinas state

Richard Schargel¹ e Isabel Schargel¹

RESUMEN

Se realizó una caracterización de los sedimentos del caño Caribito, un cuerpo de agua receptor de efluentes petrolíferos. Se recolectaron tres muestras de sedimentos superficiales en cada una de las seis estaciones a lo largo del caño, entre noviembre de 2001 y enero de 2002. Los parámetros analizados fueron: Ba, Cr, Zn, Pb, As, Cd, Se, Fe, Ag, Hg y P totales; aceites y grasas e hidrocarburos de petróleo en % de peso, pH, fenoles totales y bifenilos policlorados (PCBs). Además, se extrajeron muestras para estimar granulometría, consistencia y determinar el color en mojado con la tabla Munsell. Los valores más elevados de aceites y grasas (0,12%) e hidrocarburos de petróleo (0,09%) correspondieron al sitio 1, lo cual indica que en el tramo superior el caño también ha sido afectado por descargas petrolíferas. El valor del pH superó el límite máximo establecido según el Decreto 2635 en todos los sitios muestreados excepto el punto 7, lo cual establece una relación con la descarga. La determinación de metales potencialmente tóxicos arrojó valores muy inferiores a los límites establecidos por el Decreto 2635. Los valores máximos en mg/kg fueron: menos de 0,05 para Hg y Se, menos de 0,25 para As, menos de 0,5 para Cd, Cr, Ag y menos de 5 para Pb; valores que además no guardan relación aparente con la descarga. El valor más elevado de Ba se obtuvo en el punto 1 (493 mg/kg). Zn y Fe alcanzaron valores máximos en el punto 3 (40 mg/kg y 18720 mg/kg) y parecen estar relacionados con las descargas. Los fenoles alcanzaron un máximo en el punto 7 (57 mg/kg) y no tienen relación aparente con los efluentes. En ninguna de las muestras fueron detectados PCBs. El color indicó la existencia de un ambiente reductor fuerte y permanente, con la presencia de compuestos ferrosos.

Palabras clave: sedimentos, metales, fenoles, hidrocarburos, PCBs, efluentes petrolíferos, Venezuela.

(*) Recibido: 25-02-2004

Acceptado: 09-03-2005

(1) Programa Ciencias del Agro y del Mar, Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po., Venezuela. E-mail: ischargel@cantv.net, rschargel@cantv.net.

ABSTRACT

A description of the sediments of Caribito Stream, receptor of petroliferous discharges was carried out. Three samples of superficial sediments were gathered in each one of six stations along the water stream, between November 2001 and January 2002. The parameters analyzed were: Ba, Cr, Zn, Pb, As, Cd, Se, Fe, Ag, Hg, P, Oils and grease, hydrocarbons of petroleum, pH, total phenols and polychlorate biphenyl's (PCBs). Samples were also extracted to determinate granulometric, consistence and color in humid with the Munsell chart. Highest values of Oils and grease (0,12%) and hydrocarbons of petroleum (0,09%) were found at site 1, and they indicate that the water course is affected before the discharge. The value of pH exceeded the limit established by the Decree 2635 in all the sites except point 7, which it is related with the discharge. Toxic metals were below the limits established by the Decree 2635. The highest values in mg/kg were: less than 0,05 for Hg and Se, less than 0,25 for As, less than 0,5 for Cd, Cr, Ag and less than 5 for Pb; and have no apparent relation with the discharge. Ba was the highest value in point 1 (493 mg/kg). Zn and Fe were the highest in site 3 (40 mg/kg and 18720 mg/kg) and appear to be related with the effluents. The phenols reached a maximum in point 7 (57 mg/kg), and have no apparent relation with the discharge. PCBs were not detected in the samples. Color indicated a strong and permanent reductive environment, with the presence of ferrous compounds.

Key words: Sediments, metals, phenols, hydrocarbons, PCBs, petroliferous effluents, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La descarga de las aguas que se originan del proceso de extracción del petróleo provenientes de la Estación Silvestre, pueden afectar a los sedimentos del lecho del caño Caribito aportando hidrocarburos y otras sustancias. Por ello, la importancia de evaluar la condición de estos sedimentos analizando la presencia de contaminantes. La legislación ambiental del país no contempla la evaluación y seguimiento de los parámetros físico-químicos en los sedimentos de los lechos de cursos fluviales que reciben vertidos líquidos,

establece límites máximos e intervalos solamente para parámetros físico-químicos para los efluentes que se vertirán (Artículo 10, Decreto 883 del 18 de octubre de 1995). Es probable que el efecto del vertido sobre el sedimento del curso fluvial sea pequeño si cumple los parámetros exigidos por el Decreto 883. Sin embargo, esto no pudiera ser cierto, especialmente si el volumen del vertido es alto en relación con el caudal del curso fluvial que lo recibe. Por otra parte, en el Decreto 2635 de agosto de 1998 se establecen los parámetros que deben cumplir los desechos que van a ser mezclados con suelos para ser

esparcidos en determinadas áreas (Artículo 50). Estos parámetros pudieran servir de referencia para evaluar los sedimentos que han estado en contacto con aguas que reciben vertidos líquidos. El objetivo del presente estudio fue determinar la presencia de contaminantes en los sedimentos del caño Caribito, como consecuencia de la descarga de efluentes petrolíferos provenientes de la Estación Silvestre.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio abarca un tramo del caño Caribito comprendido entre las coordenadas UTM: Este 384.000-389.000 y Norte 914.000-924.000, municipio Barinas, estado Barinas. Según el Sistema de clasificación de Holdridge (1967) la zona de vida se corresponde con el de Bosque Seco Tropical. El promedio anual de precipitación es de 1347,40 mm. Una descripción detallada está reseñada en el trabajo realizado por Schargel *et al.* (2004).

Las muestras de sedimentos fueron extraídas de acuerdo con las normas descritas en los métodos de captación de muestras sólidas según Standard Methods 19th Edition, método SM 20 1060 B (AWWA, APHA, WPCF. 1995) en seis sitios a lo largo del caño Caribito donde también se realizaron muestreos de calidad de agua (Schargel *et al.* 2004), con excepción del lugar de muestreo de la descarga (punto 2). Se tomaron tres muestras por punto de

muestreo entre noviembre de 2001 y enero de 2002. Las muestras fueron obtenidas en los siguientes puntos:

- ✎ Punto 1. Cincuenta (50) metros aguas arriba de la descarga proveniente de la Estación Silvestre.
- ✎ Punto 3. Ciento cincuenta (150) metros aguas abajo de la descarga.
- ✎ Punto 4. 04 kilómetros aguas abajo de la descarga.
- ✎ Punto 5. 05 kilómetros aguas abajo de la descarga.
- ✎ Punto 6. 08 kilómetros aguas abajo de la descarga.
- ✎ Punto 7. Diez (10) kilómetros aguas abajo de la descarga, antes de la unión del caño Caribito con el caño Morrocoy.

Los parámetros analizados en Core Laboratories Venezuela, S. A. (Maracaibo) fueron los siguientes:

- ✎ Bario, cromo, zinc, plomo, arsénico, cadmio, selenio, hierro y plata totales en mg/kg determinados por el método SW-846/6010B, digestión por SW-846/3050^a.
- ✎ Mercurio total en mg/kg por el método SW-846/7471A.
- ✎ Aceites y grasas en % peso por el método EPA3550 y SM195520C.
- ✎ Hidrocarburos de petróleo en % peso por el método EPA3550 y 418.1.
- ✎ El pH 1:1 por el método SW-846/9045C.
- ✎ Fenoles totales en mg/kg determi-

nados por el método EPA SW-846/9066 mod.

✎ Fósforo total en mg/kg determinados por el método Agronomy 924-2.3

✎ Bifenilos policlorados (PCBs) en g/kg por el método SW-846/8081.

Además, fueron extraídas muestras del lecho en los puntos 5, 6 y 7 para describir características organolépticas del sedimento, para ello se estimó la granulometría y consistencia del sedimento según Soil Survey Division Staff (1993) y se determinó el color del sedimento mojado con la tabla Munsell. Las muestras fueron extraídas con un barreno de rotación, cerca de la orilla del caño donde había una delgada lámina de agua en la fecha del muestreo. En los puntos 1, 3 y 4 no se describieron las características organolépticas del sedimento debido a que se habían realizado labores de canalización del caño en estos sitios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características organolépticas del sedimento

Punto 5. 25-11-2001. Sedimento de la orilla del caño bajo 20 cm de agua.

0-20 cm. Arcilloso (lodo), gris verdoso oscuro (5GY4/1), moderado olor a hidrocarburos.

El color gris verdoso es indicativo de un ambiente reductor fuerte y

permanente, con la presencia de compuestos ferrosos (reducción del hierro a la forma divalente). Schertmann (1993) señaló que el tinte verdoso se forma en ambientes anaeróbicos por reducción parcial del hierro estructural de los minerales presentes en el suelo, principalmente los de arcilla, y también por la formación de compuestos de hidróxidos de hierro en forma di y trivalentes con excesos de carga positiva equilibrada por diversos aniones, incluidos cloruros, sulfatos y carbonatos.

Punto 6. 17-11-2001. Sedimento en el borde del caño cubierto por 20 cm de agua.

0-10 cm. Arcilloso (lodo), gris verdoso oscuro (5GY4/1), moderado olor a hidrocarburos.

10-20 cm. Arcilloso (lodo), gris oscuro (5Y4/1) con abundante moteado pardo amarillento (10YR5/6), moderado olor a hidrocarburos.

El color gris verdoso sugiere un ambiente reductor fuerte y permanente, con la presencia de compuestos ferrosos. La segunda capa presenta los colores de los horizontes profundos del suelo adyacente al caño.

Punto 7. 17-11-2001. Descripción del sedimento superficial en el borde del caño, cubierto por 25 cm de agua.

0-10 cm. Franco arcillo limosa (limo), gris azulado oscuro (5BG5/1), débil olor a hidrocarburos.

10-20 cm. Franco (limo arenoso), gris

azulado oscuro (5BG5/1), débil olor a hidrocarburos.

20-40 cm. Franco limosa (limo), gris azulado oscuro (5BG5/1) con moteado pardo amarillento (10YR5/6) abundante y claro, mica muy abundante.

El color gris azulado es señal de un ambiente reductor fuerte y permanente. El moteado pardo amarillento sugiere que ocurrió oxidación del sedimento en el pasado, posiblemente cuando el caño tenía un caudal intermitente, antes de iniciar la descarga desde la Estación Silvestre.

Es probable que los vertidos de la Estación Silvestre contribuyan al incremento del ambiente reductor por el contenido relativamente bajo de oxígeno disuelto en la descarga. La cual tiene además, una demanda bioquímica y química de oxígeno mucho mayor que la del caño aguas arriba del sitio de descarga (Schargel *et al.* 2004). El efecto de los vertidos sería especialmente importante durante la estación seca cuando el volumen de agua aportado por el caño disminuye marcadamente.

Características químicas del sedimento

En la Tabla 1 se presentan los intervalos de los parámetros químicos evaluados de las muestras tomadas del lecho del caño en los puntos de muestreo con sus respectivos valores máximos y mínimos. También se muestran los límites establecidos en el Decreto 2635 para mezclas suelo/de-

secho para esparcimiento. Los aceites y grasas reportados incluyen y están constituidos principalmente por hidrocarburos de petróleo, ya que ambos valores son similares y aceites y grasas superan levemente a los hidrocarburos de petróleo. Los contenidos más elevados de aceites y grasas y de hidrocarburos de petróleo correspondieron respectivamente a 0,12% y 0,09%, para la muestra ubicada en el punto 1. Este nivel de aceites y grasas es inferior al límite establecido en el Decreto 2635 para mezclas de suelo y desecho. El punto 1 se localiza aguas arriba de la descarga de la estación Silvestre por lo cual, no se puede atribuir este contenido de aceites y grasas a dicha descarga. Más bien, parece el resultado de algún derrame local de hidrocarburos que afectó en el pasado este sector del caño.

Los mayores valores de aceites y grasas (0,06 %) y de hidrocarburos de petróleo (0,04 %) en el sedimento, aguas abajo del lugar de descarga, correspondieron al sitio 5. En la mayoría de los puntos restantes los aceites y grasas no superaron 0,01 %, a pesar de que se percibió olor a estos componentes en el sedimento. Por otra parte, en el punto 3, con apenas 0,02 % de aceites, grasas e hidrocarburos de petróleo en el sedimento se obtuvo un contenido de estas sustancias en la muestra de agua con remoción de lodo más de tres veces superior a la muestra de agua sin remoción de lodo (Schargel *et al.* 2004). Esto sugiere que hay una delgada capa con un contenido relativamente elevado de hidrocarburos

en la parte superior del lecho del caño, la cual es mezclada durante el muestreo con sedimentos subyacentes bajos en hidrocarburos. En los restantes puntos de muestreo fue mucho menor o inexistente la diferencia en el contenido de hidrocarburos en las muestras de agua con y sin remoción de lodo.

En los tres muestreos de la descarga de la Estación Silvestre se obtuvieron niveles de aceites, grasas e hidrocarburos de 2,20 a 8,30 mg/l, inferiores al límite permisible según el Artículo 10 del Decreto 883. Aguas arriba de la descarga se encontraron contenidos de grasas, aceites e hidrocarburos de 1 a 5,20 mg/l, lo cual

indica aportes de hidrocarburos desde fuentes diferentes a la descarga. Aguas abajo los niveles de aceites, grasas e hidrocarburos son generalmente inferiores a los de la descarga (Schargel *et al.* 2004). Como la descarga de hidrocarburos al caño en la actualidad es baja, es probable que la degradación de estos compuestos disminuya su acumulación en los sedimentos del caño. Existen experiencias sobre la degradación relativamente rápida de hidrocarburos en áreas fuertemente afectadas por derrames en sabanas orientales de Venezuela (Prado-Jatar y Brown 1997).

Por otra parte, el peso específico

Tabla 1. Características químicas del sedimento del caño Caribito.

Parámetro	Intervalo dentro del caño	Punto con valor máximo	Punto con valor mínimo	Límites del Decreto 2635
Aceites y grasas %	0,01-0,12	1	4,6,7	1
Hidrocarburos-petróleo	<0,01-0,09	1	4,6,7	
pH	8-11,40	3	7	5-8
Fenoles mg/Kg	32-57	7	3	*
Fósforo total mg/Kg	<1,25-320	5	3	*
Bario total mg/Kg	55-493	1	7	20000
Cadmio total mg/Kg	<0,50	-	-	8
Cromo total mg/Kg	<0,50	-	-	300
Hierro total mg/Kg	8000-18720	3	5	*
Mercurio total mg/Kg	<0,05	-	-	1
Plata total mg/Kg	<0,50	-	-	5
Plomo total mg/Kg	<5	-	-	150
Selenio total mg/Kg	<0,05	-	-	2
Zinc total mg/Kg	4,90-40	3	1	300
Arsénico total mg/Kg	<0,25	-	-	25
PCBs µg/Kg	ND			*

ND: no detectado sobre el límite del método (17 µg/Kg).

* Parámetros no incluidos. Sin embargo, el fenol no debe superar 14,4 mg/l en los lixiviados obtenidos de los desechos.

de los aceites, grasas e hidrocarburos es inferior al agua, lo que favorece el traslado de gran parte de estos compuestos a lo largo del caño. Para quedar incorporados al sedimento, ellos deben unirse a partículas minerales y orgánicas que son depositadas en el fondo.

El pH de los sedimentos superó el límite máximo establecido por el Decreto 2635 en todos los sitios muestreados excepto en el punto siete (7). El valor más elevado correspondió al primer sitio aguas abajo de la descarga, a partir del cual se observa una disminución constante, lo cual establece una relación con la descarga. En el punto aguas arriba de la descarga también se obtuvo un valor elevado de pH en el sedimento. Lo anterior, unido al contenido de hidrocarburos del sedimento, indica que el tramo superior del caño también ha sido afectado por descargas petrolíferas.

Valores de pH de 8,50 a 11 son característicos de suelos sódicos donde más del 15 % del complejo de intercambio catiónico está ocupado por sodio intercambiable (Fassbender 1975). También se manifiestan valores de pH elevados en medios subacuáticos salinos, fuertemente reducidos y ricos en materia orgánica y en algunas aguas subterráneas (Mason 1966).

El pH elevado parece estar relacionado con la descarga de la Estación Silvestre. La causa del incremento del pH pudiera ser la acumulación del sodio, elemento que no

fue analizado en los sedimentos ni en el agua. Sin embargo, la conductividad eléctrica relativamente alta de la descarga apunta hacia la presencia de este elemento (Schargel *et al.* 2004). El tránsito de aguas con una relación de adsorción de sodio elevada a lo largo del caño conduce a un gradual incremento de este elemento en los sedimentos por intercambio iónico. El sodio también afectará a los horizontes sub-superficiales de los suelos ubicados en el borde del caño por flujo lateral de las aguas hacia los suelos adyacentes, a medida que disminuye el nivel freático estacional durante la sequía. Incluso, puede afectar el sitio de muestreo ubicado aguas arriba si durante períodos muy secos el gasto del caño se reduce marcadamente y permite el desplazamiento aguas arriba de los vertidos de la Estación Silvestre. Otra explicación del pH elevado pudiera ser el desarrollo de un ambiente reductor muy intenso, conjuntamente con el aporte continuo y acumulación de cationes básicos (calcio, magnesio, sodio). El ambiente reductor intenso no sólo se manifiesta por los colores del sedimento sino también, por la presencia de sulfuros. Previo a la reducción de sulfatos a sulfuros, se reduce el nitrato y elementos tales como manganeso y hierro. En el muestreo de agua con remoción de lodo se obtuvo un incremento en el contenido de sulfuros del agua en los sitios 1, 3 y 4, lo cual ratificaría la presencia de este compuesto en la parte superior del sedimento. Estos sitios mostraron el pH más elevado (Schargel *et al.* 2004). Si la

reducción del sedimento determina el pH elevado, podría esperarse una disminución en el pH al secar y airear al sedimento como consecuencia de reacciones de oxidación.

Los fenoles en los sedimentos tienden a incrementar aguas abajo, por lo cual no tienen relación con la descarga de la estación. Aun cuando el contenido de fenoles en la descarga superó el límite establecido en el Decreto 863 (Schargel *et al.* 2004), no se ha fijado un límite máximo de fenoles para mezclas de suelo y desecho. Sin embargo, en el Artículo 50 del Decreto 2635 se establecen concentraciones máximas de fenoles de 14,4 mg/l en los lixiviados obtenidos del desecho. Basado en el contenido de fenoles en las muestras y la naturaleza fina de los sedimentos, no consideramos factible la extracción de lixiviados con un contenido de fenoles superior al límite establecido, ya que significaría la remoción de una alta proporción de los fenoles presentes en los sedimentos por un proceso de extracción relativamente corto. Los fenoles pueden ser biológicamente oxidados en concentraciones de hasta 500 mg/l (Metcalf 1977). Sin embargo, la descomposición aeróbica por microorganismos es generalmente más rápida que en ausencia de oxígeno (Sims y Sims 1986), lo cual explica la persistencia de los fenoles en las condiciones anaeróbicas de los sedimentos del lecho del caño.

La determinación de metales potencialmente tóxicos en los

sedimentos, arrojó valores muy inferiores a los límites establecidos por el Decreto 2635. Para el caso de cadmio, cromo, plata, plomo, selenio y arsénico, los valores fueron constantes y bajas a lo largo del caño y no guardaron relación con la descarga.

El bario obtuvo el valor más elevado antes de la descarga y los más bajos después de ésta. Parece que ocurrió acumulación de este elemento en el curso superior del caño, con transporte posterior aguas abajo.

El nivel de zinc en los sedimentos parece estar relacionados con la descarga, ya que alcanzó su máximo en el punto 3 y disminuyó aguas abajo. También fue bajo aguas arriba de la descarga. La solubilidad del zinc es relativamente alta sobre un amplio intervalo de pH, aunque forma compuestos poco solubles con sulfuros. En los suelos, generalmente, es retenido por los coloides mediante el intercambio iónico (Krauskopf 1972), por lo cual puede haber sido desplazado y lixiviado de los sedimentos menos arcillosos.

No se considera el contenido de hierro total en el Decreto 2635. Este elemento alcanzó un valor máximo en el punto 3, para luego disminuir aguas abajo hasta el punto 5. Los puntos 6 y 7 mostraron contenidos de hierro más elevados que el punto 5 y un poco menor que el sitio 1. Parece que los efluentes contribuyen a elevar el contenido de hierro en el tramo del caño próximo al punto de descarga. La disminución del

hierro en los sedimentos aguas abajo puede estar relacionada con una lenta lixiviación del elemento al incrementar su solubilidad en el ambiente reductor que caracteriza el lecho del caño. El aumento del hierro en los últimos puntos pudiera estar relacionado con aportes de hierro en las aguas que ingresan al caño desde un estero, aguas abajo del punto 5.

En ninguna de las muestras analizadas fueron detectadas concentraciones de Bifenilos Policlorados (PCBs) sobre el límite de la metodología analítica empleada. Estos compuestos, resultantes de procesos industriales, representan un alto riesgo para los organismos vivientes por su toxicidad y potencial de acumulación en los tejidos de los animales en posiciones superiores de la cadena trófica (ATSDR 2001, USEPA 2001).

CONCLUSIONES

Los sedimentos del lecho del caño Caribito muestran un ambiente reductor pronunciado, con la presencia de compuestos ferrosos.

El pH de los sedimentos supera el límite superior establecido en el decreto 2635.

El caudal del caño Caribito no es suficiente para mantener las condiciones físico-químicas originales en el cauce, después de recibir los vertidos de la Estación Silvestre.

El lugar de muestreo aguas arriba

de la descarga contiene los máximos niveles de hidrocarburos en el sedimento.

No existen evidencias de acumulación de fenoles en los sedimentos aguas abajo de la descarga.

Los niveles de metales potencialmente tóxicos en los sedimentos son muy inferiores a los límites estipulados para mezclas de desechos y suelos.

RECOMENDACIONES

Es necesario estudiar las características de los sedimentos en diversos caños de los llanos, no afectados por el vertido de aguas industriales y urbanas, para establecer una línea base de sus características en caños prístinos.

Determinar el contenido de cationes y aniones en el extracto de saturación, así como los cationes intercambiables en los sedimentos del caño Caribito para explicar la causa del elevado pH.

REFERENCIAS

- AWWA, APHA, WPCF. 1995. Standard Methods for the examination of water and wastewater 19 TH edition. American Water Works Association, American Public Health Association and Water Environment Federation. USA. 953 pp.
- ATSDR. 2001. 1999 CERCLA priority list of hazardous substances. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [Documento en línea]. En: <http://www.atsdr.cdc.gov/99list>.

- html. [Consulta: 2003, diciembre 12].
- Fassbender, H. W. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Americano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. 398 pp.
- Holdridge, L. R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Sci. Center San José, Costa Rica. 206 pp.
- Krauskopf, K. B. 1972. Geochemistry of micronutrients. En: Micronutrients in agriculture. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. pp 1-41.
- Mason, B. 1966. Principles of geochemistry. John Wiley & Sons, Inc. New York. 329 pp.
- Metcalf, E. 1977. Tratamiento y depuración de aguas residuales. Labor. Barcelona. 837 pp.
- Prado-Jatar, M. A. and Brown, M. T. 1997. Interface ecosystems with an oil spill in a Venezuelan tropical savannah. Ecological Engineering 8(1):49-78.
- Schargel, I., Schargel, R., Velazco, C., Farreras, J. y Altuve, J.L. 2004. Caracterización Ambiental del Caño Caribito, Estado Barinas. UNELLEZ. Informe final proyecto Investigación N° 23103103. Guanare. 201 pp.
- Schertmann, U. 1993. Relations between iron oxides, soil color, and soil formation. En: Soil color. SSSA Special Publication No 31. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. pp 51-70.
- Sims, R. C. and Sims, J. D. 1986. Cleanup on contaminated soils. En: Utilization, treatment and disposal of waste on land. American Society of Agronomy. Madison Wisconsin. pp 257-277.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil survey manual. Agriculture handbook 18. U. S. Department of Agriculture. Washington, DC. 437 pp.
- USEPA 2001. Technical factsheet on: Polychlorinated biphenils (PCBs). United States Environmental Protection Agency. [Documento en línea]. En: [http://www. Epa. Gov/OGWDWDwh/t-soc/pCBS.htm](http://www.Epa.Gov/OGWDWDwh/t-soc/pCBS.htm). [Consulta: 2003, diciembre 12].
- Venezuela 1995. Decreto N° 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021 (Extraordinaria). Caracas, octubre 18.
- Venezuela 1998. Decreto 2635. Parámetros que deben cumplir desechos que van a ser mezclados con suelos, para ser esparcidos en el ambiente. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Caracas, agosto 3.