

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE BIFELINOS POLICLORADOS (PCBs) EN
EL SUELO DE LA CIÉNAGA LAS CUCHARILLAS EN CATAÑO Y LOS RIESGOS
POTENCIALES A LAS COMUNIDADES ADYACENTES**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental
en Evaluación y Manejo de Riesgo Ambiental

Por
Joanne Negrón Caldero

12 de mayo de 2008

DEDICATORIA

Dedico con mucho amor los logros alcanzados en la realización de esta investigación a:

Dios y a Nuestra Virgen de Lourdes... porque la fe que infundes en mi me brinda la fortaleza, paciencia y confianza de llegar a las metas que me he propuesto.

Mis padres, Flor Aída y Sixto porque siempre he encontrado en ustedes el amor, el apoyo y la ayuda incondicional; porque me han brindado el mejor ejemplo de fe, perseverancia y responsabilidad como padres modelos. ¡Gracias Mil!

AGRADECIMIENTOS

Con cariño y agradecimiento brindo mis agradecimientos: A Dios y a la Virgencita de Lourdes: ¡Que sería de mí sin Ustedes! ¡Gracias por el inmenso amor y misericordia! Papi y Mami: La palabra “servicio” está encarnada en ustedes. Gracias porque nunca me han fallado; porque pude sentir su apoyo más allá de lo esperado. ¡Dios los bendiga siempre!

A Beatriz Zayas: Gracias por motivarme a afrontar los retos de esta investigación con actitud positiva. Harry Peña: Porque supiste hacer de este camino uno más llevadero; con tu guía y motivación supiste ser consejero y amigo a la vez. Carlos Morales: Por siempre estar presente cuando te he necesitado.

A Ivette Torres: Porque haciendo honor al título de educadora, supiste guiarme con amor en el desarrollo de mis ideas, de mi potencial y de la autoconfianza. Pedro Carrión: Por tu mano amiga; tu ayuda y guía en la recolección de las muestras fue fundamental para los logros alcanzados en esta investigación. A Beckton Laboratories Inc. y a su personal: Por la cooperación y los servicios prestados en el análisis de las muestras.

A Richard R. Concepción: Por tu disponibilidad y ayuda incondicional en la búsqueda de información. Nayda F. Vélez & María J. Aponte: por facilitarme el tiempo y brindarme su ayuda para alcanzar las metas que me propuse para esta investigación; por su gran amistad. Mis angelitos llamados familia y amigos: Por la energía positiva transmitida a través del espacio; por el amor brindado y la confianza depositada en mis potenciales. ¡Los Amo!

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE APÉNDICES.....	xi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
Trasfondo del problema de estudio.....	1
Problema de estudio.....	4
Justificación del estudio.....	5
Preguntas de investigación.....	6
Metas.....	6
Objetivos.....	6
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	7
Trasfondo histórico.....	7
Ciénaga Las Cucharillas.....	7
PCBs.....	11
Características de los PCBs.....	11
Efectos a la salud de los seres humanos.....	12
Historia de los PCBs.....	13
Estudios de casos.....	19
Contaminantes depositados en el Estuario de la Bahía de San Juan para los años 1925 al 1950 El misterio del Embalse Dos Bocas en Puerto Rico: explicación de la extrema heterogeneidad espacial en la distribución de la Lobina.....	19 20
CAPÍTULO III: MARCO LEGAL.....	23
Leyes de Puerto Rico.....	23
Reglamentos del Gobierno de Puerto Rico.....	28
Leyes y Reglamentos del Gobierno de Estados Unidos.....	34
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.....	40
Área de estudio.....	40

Objetivos de investigación.....	41
Muestreo.....	41
Toma de muestra.....	42
Breve descripción del método.....	45
Análisis de datos.....	46
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
Comparación de los resultados de PCBs con los parámetros de.....	47
suelo de las agencias reguladoras	
Discusión de los resultados.....	50
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
Conclusiones.....	52
Recomendaciones.....	53
Limitaciones de la investigación.....	55
LITERATURA CITADA.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Localización de los puntos de muestreo.....	63
Tabla 2.	Descripción de las área de muestreo.....	64
Tabla 3.	Resultados de los puntos de muestreo para PCBs totales en la..... ciénaga Las Cucharillas	65
Tabla 4.	Congéneres de PCBs analizados.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Estructura molecular de los PCBs.....	68
Figura 2.	Estructura molecular plana de los PCBs.....	69
Figura 3.	Mapa de la zona de muestreo.....	70
Figura 4.	Resultados de los PCBs para los puntos de muestreo.....	71
Figura 5.	Comparación de los resultados de los puntos de muestreo con la guías de suelos para PCBs.....	72
Figura 6.	Comparación de los resultados de los puntos de muestreo y el Límite Umbral (TEL).....	73

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1	Cadenas de custodia.....	76
Apéndice 2	Resultados por Beckton Laboratories Inc.....	88

RESUMEN

Realizamos una evaluación de la presencia de los bifenilos policlorados (PCBs) y los riesgos potenciales en la ciénaga Las Cucharillas y las comunidades adyacentes en el municipio de Cataño. El muestreo se realizó en marzo de 2008 para 12 áreas diferentes en la ciénaga. El área de estudio que seleccionamos fueron: áreas que previamente habían sido estudiadas para metales pesados; en las sub-estaciones de energía de la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico, las termoeléctricas adyacentes a la ciénaga y en un antiguo vertedero clandestino. Tomamos 12 muestras de suelo a una profundidad de 0.61 metros y se analizaron ocho congéneres de PCBs utilizando el método de la EPA 8082. El análisis químico fue realizado por los laboratorios Beckton Inc. en Ponce, Puerto Rico. Las concentraciones de PCBs fueron evaluadas utilizando el rango establecido por las agencias reguladoras. Todos los resultados obtenidos fueron valores (0.043-0.092 miligramos por kilogramo de suelo) por debajo del rango establecido, a excepción del parámetro de los efectos del límite umbral (TEL). El TEL son las concentraciones mínimas a las que las personas pueden estar expuestas y raramente se observan efectos biológicos adversos. Al evaluar el impacto potencial a las comunidades adyacentes por exposición a PCBs, determinamos que son mínimos. No obstante, organismos más susceptibles que los seres humanos pueden ser afectados, ya que los PCBs se bioacumulan y se biomagnifican. Las bajas concentraciones de PCBs pueden deberse al movimiento de la materia orgánica con PCBs hacia los cuerpos de agua en épocas de lluvia. Dado a que los datos obtenidos están por debajo del límite de detección del instrumento, concluimos que los resultados pueden deberse a la presencia de trazas de PCBs, a la interferencia del instrumento o la combinación de éstas. Por lo tanto, recomendamos que se repita esta investigación con un instrumento con un límite de detección menor, así como determinar la posible presencia de PCBs en los cuerpos de agua, en los sedimentos acuáticos, en la fauna y flora de la ciénaga. Dado a que estudios han demostrado que los microorganismos y ciertos árboles biodegradan parcialmente los PCBs en los sedimentos de los humedales, recomendamos hacer estudios en la ciénaga sobre este fenómeno.

ABSTRACT

We evaluated the potential risks associated to the presence of polychlorinated biphenyls (PCB's) in Las Cucharillas marsh and their adjacent communities located in the Cataño municipality. The sampling was performed in March, 2008 at 12 different areas. The selected areas were: previously studied for heavy metals presence; sub-power station of the Puerto Rico Electric Power Authority, thermoelectric adjacent to the marsh and an old clandestine dump. Twelve soil samples were taken at 0.61 meters depth and eight congeners for PBC's were analyzed. Chemical analysis was performed by Beckton Laboratories Inc. at Ponce, Puerto Rico following the EPA 8082 method. PCB's concentration values were evaluated against the established regulatory agencies value range. All the results obtained (0.043-0.092 milligrams per kilogram of soil) were below the concentration range with the exception of the Threshold Effect Limit (TEL). TEL concentrations are the minimal concentrations to which persons can be exposed and rarely observe adverse biological effects. When the potential PCB's exposure impacts in adjacent communities were evaluated, we concluded that they were minimal. Nevertheless, more susceptible organisms than humans can be affected based on the fact that PCB's can be bio-accumulated and bio-magnified. The lower concentrations of PCB's obtained could be the result of the movement of organic matter with PCB's, to the aquatic systems during rainfall periods. Since data obtained were lower than the detection limit of the instrument, we concluded that it could be the result of the presence of PCB's traces, the instrument's interference or, a combination of both. Therefore, we recommend to repeat this investigation using an instrument with a lower detection limit, as well as to determine the possible presence of PCB's in the aquatic system, aquatic sediments, fauna and flora of the Las Cucharillas Marsh. Since studies have demonstrated that microorganisms and some kinds of trees partially biodegrade PCB's wetland sediments, we also recommend to perform studies to evaluate this phenomenon.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema

Los bifelinos policlorados (PCBs, por sus siglas en inglés), son una mezcla de hasta 209 compuestos clorados. Están formados por dos anillos de bencenos unidos por un enlace carbono-carbono con átomos de cloro (Cl) sustituidos en algunos de los diez átomos de hidrogeno restantes o en todos ellos (ATSDR, 2005). Son sustancia con una fórmula empírica general $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ donde n es el número de átomos de cloro en el intervalo de 1 a 10. El número y posición de los átomos de cloro determina las propiedades biológicas y su comportamiento ambiental de cada uno de los PCBs. Además los bifelinos policlorados son líquidos aceitosos o sólidos, incoloros a amarillo claro (ATSDR, 2000). Actualmente, no se conocen fuentes naturales de PCBs. Las marcas comerciales más conocidas de PCBs son Aroclor, Kanechlor, Phenochlor y Pyralene (Barbalace, 2003).

Los PCBs están considerados, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como uno de los doce contaminantes más nocivos fabricado por el hombre (Erickson, 1997). Debido a su gran estabilidad térmica, química y biológica los PCBs, hasta mediados de los años '70, se usaron como aislantes para equipos eléctricos tales como: transformadores, interruptores, termostatos, capacitadores, televisores, neveras, acondicionadores de aire, abanicos de techo, hornos de microondas, freidoras industriales, entre otros (Harracá, 2003). Los PCBs son contaminantes orgánicos persistentes (COP), es decir, sustancias químicas que son duraderas, se bioacumulan, se

biomagnifican a través de toda la red trófica y tienen efectos adversos tanto en la salud humana como en el medio ambiente (Allsopp & Erry, 2000).

Los componentes tóxicos pueden filtrarse a través de la columna de agua o ser ingeridos por los organismos que habitan en los sedimentos, que actúan como una represa para diversos contaminantes, e impactar la cadena trófica (Santschi et al., 2001). Un ejemplo de una cadena trófica ocurre cuando un gusano consume materia orgánica contaminada con PCBs y luego, un pez pequeño se come al gusano, el pez pequeño le sirve de alimento a un pez grande, y el pez grande es consumido por un águila. Dado a que el tiempo de vida de un águila es de aproximadamente 70 años, la concentración de PCBs puede ir incrementándose en los tejidos grasos por toda su vida. Esta acumulación puede afectar a su reproducción y el funcionamiento del hígado (Barbalace, 2003). Los seres humanos pueden contaminarse de la misma forma que el águila, a través de su cadena trófica.

Los PCBs pueden recorrer grandes distancias y se han encontrado en los lugares más recónditos del planeta incluso en lugares muy alejados de donde se produjeron y/o fueron utilizados. Se han encontrado PCBs en por lo menos 500 de los 1,598 lugares de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés) (ATSDR, 2000). Los estuarios, en particular, tienden a acumular grandes cantidades de material particulado contaminado con PCBs procedente de los ríos, lo que contribuye al estrés ambiental de los ecosistemas estuarinos (Zoest & Eck, 1990). Los humedales son tierras entre hábitat terrestre de aguas profundas, donde el nivel freático está generalmente en o cerca de la superficie del terreno, o el terreno está cubierto por aguas poco profundas (Cowardin et al., 1979). Los pantanos de agua dulce, conocidos como humedales palustrinos emergentes, son comunes

a través de la isla de Puerto Rico especialmente a lo largo de la costa norte. En algunas áreas, estos pantanos de agua dulce han sido drenados para el cultivo de la caña de azúcar y pastoreo. Entre los pantanos más grandes de agua dulce se encuentran el Caño Tiburones en Arecibo, la Laguna Cartagena en Lajas, la Ciénaga Baja de Río Grande y la Ciénaga Las Cucharillas en Cataño (CORPS, 1978).

La Ciénaga Las Cucharillas forma parte del Estuario de la Bahía de San Juan, y es el pantano más grande ubicado en el Área Metropolitana de Puerto Rico (DE, 2003). Está localizada en la latitud 18 grados con 26 minutos y 39 segundos al norte ($18^{\circ}26'39''N$) y la longitud 66 grados con 8 minutos y 27 segundos al oeste ($66^{\circ}8'27''O$) y comprende un área aproximada de 1236 acres equivalente a 500 hectáreas (PEBSJ, 2000). La misma se divide en dos secciones.

Una sección bordea por el noreste con la carretera estatal PR-165, por el noroeste con la urbanización Marina Bahía, al sureste con las comunidades Juana Matos y Coquí, la segunda sección es una laguna artificial que queda al otro lado de la carretera PR-5, hacia el sur tiene el Caño La Malaria y el expreso De Diego, al suroeste la comunidad Puente Blanco, al oeste de la carretera PR-5, al noreste el residencial Juana Matos, al noreste está la carretera PR-165, al sureste el parque industrial Las Palmas, Luchetti, Amelia y el peaje de Buchanan (Batista, 2005).

Es de conocimiento público que una gran cantidad de contaminantes producto de diferentes actividades antropogénica termina en los recursos acuáticos. Es decir de la columna de agua, los PCBs pasan a los sedimentos donde pueden formar parte de cadena alimentaria, bioacumulándose en los tejidos de los peces y crustáceos (Kashem, 2000). Es importante mencionar que la Ciénaga actúa como una zona de amortiguamiento mediante el control de inundaciones y la filtración de contaminantes. La riqueza ecológica de la

Ciénaga incluye una gran variedad de especies endémicas, nativas y en peligro de extinción.

Problema de estudio

La Ciénaga es un lugar con mucho valor ecológico. El Gobierno ha legislado leyes y reglamentos para conservarla. Además, se visualiza la posibilidad de convertirla en un área ecoturística; atrayendo a personas de todas las edades, donde puedan apreciar y estudiar los atractivos naturales como el paisaje, la flora y la fauna de la Ciénaga (ELA, 2002). Esto provoca que haya una interacción directa entre los contaminantes de la Ciénaga, con las personas y con otros lugares de Puerto Rico y viceversa.

Los medios de comunicación y los activistas ambientales repetidamente han denunciado que la Ciénaga ha sido utilizada desde hace muchos años para la disposición ilegal de desperdicios sólidos como autos, neveras y equipos electrodomésticos. Por otro lado, la Ciénaga recibe las escorrentías de las industrias cercanas. Por ende, a través de los años se han dado las condiciones idóneas para sospechar que puede existir contaminación con PCBs en los suelos.

La contaminación por los PCBs constituye un serio problema al ambiente y a la salud de los seres humanos. La exposición a los PCBs durante el embarazo causan daños en el desarrollo del cerebro del feto afectando la hormona tiroidea, bebés con bajo peso al nacer y abortos espontáneos. La exposición a los PCBs causa problemas en el desarrollo neurológico, en la coordinación psicomotora, en la memoria y en el reconocimiento visual en los niños. En los adultos, los estudios han demostrado que al estar expuestos con PCBs provoca alteraciones en el funcionamiento hormonal, cáncer en el hígado y en el

cerebro. El cáncer de mama de ha podido relacionar con la exposición PCBs (Bajarano, 2004).

Los PCBs son compuestos químicos que por su gran estabilidad son difíciles de degradar y se bioacumulan en los suelos, la flora y la fauna. Un ejemplo de la fauna que habitan en la Ciénaga son el cangrejo violinista (*Uca thayeri*) y el juey común (*Cardisoma guanhumi*) (UMET, 2007). En el Municipio de Vieques se realizó un estudio con estas mismas clases crustáceos demostrando que los PCBs se acumulaban en los mismos (NOAA, 2006). Por lo antes expuesto, este estudio tiene como propósito determinar la presencia de PCBs en el sedimento de la Ciénaga Las Cucharillas del Municipio de Cataño.

Justificación del estudio

La Ciénaga ha sido considerada para convertirla en un área ecoturística. Se proyecta construir un observatorio de mariposa, un paseo tablado y unos senderos para observar especies silvestres. Esto generaría empleos e ingresos a las comunidades aledañas (DE, 2003). La población que mayormente visitaría estas zonas serían familias completas, excursiones escolares, turista y los trabajadores del complejo ecoturístico. Es de suma importancia evitar colocar en riesgo de contaminación con PCBs a los visitantes y a los trabajadores. La confirmación de la presencia de los PCBs en la Ciénaga podría afectar el uso y el desarrollo de ésta para ecoturismo.

La Ciénaga Las Cucharillas contiene la mayor diversidad de aves acuáticas de todo el sistema que comprende EBSJ. Las aves podría estar en riesgo de contaminarse con PCBs y que los mismos emigren de un lugar a otro, a través de los desechos de las aves. En estudios realizados a las águilas se ha encontrado que acumulan PCBs en el

hígado, dañándolo. Este mismo efecto puede sucederles a las aves que habitan la Ciénaga. Las especies pueden ser catalogadas como vulnerables amenazada, y críticamente amenazada, dependiendo del grado de amenazas según Unión de Conservación Mundial. En la Ciénaga habitan tres especies vulnerables como: el pato chorizo (*Oxyura jamaicensis*), la chirriría antillana (*Dendrocygna arborea*) y el gallinazo nativo (*Fulica caribaea*).

Preguntas de investigación

1. ¿Existe presencia de PCBs en el sedimento de la Ciénaga Las Cucharillas?
2. ¿En qué concentración se encuentran los PCBs en los sedimentos de la Ciénaga Las Cucharillas?
3. ¿Serán las concentraciones de PCBs de la Ciénaga mayores que los parámetros establecidos por la literatura científica para los sedimentos?

Meta

Evaluar la presencia de los PCBs en el suelo de la ciénaga Las Cucharillas en Cataño y los riesgos potenciales a las comunidades adyacentes

Objetivos

1. Determinar la presencia y concentración de los PCBs en el suelo de la ciénaga Las Cucharillas para establecer si existe riesgo ambiental.
2. Comparar los resultados obtenidos de los suelos de la ciénaga Las Cucharillas con los parámetros establecidos por las agencias reguladoras para suelos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Trasfondo histórico:

Ciénaga Las Cucharillas

Para el 1873, la ciénaga Las Cucharillas cubría casi la totalidad del territorio catañés. Para esta época se destaca la participación del gobierno en secar los manglares de la ciénaga para establecer industrias y comercios debido al fácil acceso que tenían los barcos comerciales que llegaban a la Bahía de San Juan (DE, 2003).

En los años 40, se promulgó la Ley de Tierras de Puerto Rico, Ley Núm. 26 del 12 de abril de 1941. A través de esta ley, se autoriza al Secretario del Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP), a vender los terrenos cubiertos de manglares que pertenecieran al Estado Libre Asociado de Puerto Rico (ELA), cuya desecación fuese recomendada por el Secretario de Salud (Batista, 2005). Posteriormente, se aprueba la Ley Núm. 40 del 9 de junio de 1948, la ley para la reclamación de Tierra Pantanosas o Árida del ELA. Esta ley facultaba a la Autoridad de Tierra a delimitar, adquirir y llevar a cabo construcciones y trabajos necesarios para drenar los humedales (Batista, 2005).

Para el 1950, los continuos problemas de mosquitos y la propagación de la malaria en el municipio de Cataño provoca que el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América (CORPS, por sus siglas en inglés) construyera el Caño San Fernando. La función principal de este caño consistía en recoger las aguas de escorrentías del Fuerte Buchanan y descargarlas al mar. Actualmente, dicho Caño tiene dos funciones que consisten en recoger las aguas de escorrentías y segundo, para el control de inundaciones producto de la alteración del cuerpo de agua. Para trabajar la

problemática de las inundaciones se establecieron tres bombas que ayudan en la descarga de las aguas y evitan que el Caño se salga de su cauce (UMET, 2007).

El proyecto de canalización del Río Hondo y el Río Bayamón dejó un remanente de humedal que es parte de la Ciénaga. Esta obra surgió como una medida estructural para el control de inundaciones en la década de los años 1960. Este proyecto le sirve de protección contra inundaciones a los sectores de Levittown en Toa Baja y a varias comunidades de Cataño.

En el año 70 el movimiento industrial y la necesidad de mejorar las facilidades portuarias en San Juan para beneficio de todo Puerto Rico, lleva a la Autoridad de los Puertos a dragar la Bahía de San Juan y a construir un dique. El dique consiste en más de 3.68 acres equivalente a 1.49 hectáreas de terreno y tiene una altura de aproximadamente 40 pies sobre el nivel basal. A través de los años, el dique se ha convertido en parte del sistema de humedal de la Ciénaga Las Cucharillas (UMET, 2007).

Parte del material dragado de la bahía de San Juan fue depositado en el mar, frente a la urbanización Bay View al Este de la península de Palo Seco, para evitar la erosión de la costa y las fuertes marejadas. Con el paso del tiempo, la acumulación de sedimentos que descargaban a la bahía por el Caño La Malaria y el Caño San Fernando unieron a los dos islotes artificiales formando lo que se conoce hoy como la península La Esperanza. La Península conecta con los terrenos de Barcardí Corporation y con el antiguo cause del Río Bayamón, por donde salen las descargas de la Planta Termoeléctrica de Palo Seco y el Caño Aguas Frías. Dichas islas fueron posteriormente separadas mediante dragado para permitir la circulación del flujo de agua en esa zona y así mejorar la calidad de las aguas de la Bahía de San Juan (UMET, 2007).

El desarrollo urbano en el sector y posteriormente la construcción del expreso José de Diego atrajo a inversionistas que, buscando lugares accesibles, encuentran en Cataño el sitio ideal para establecerse y aprovechar la infraestructura existente así como el contacto directo con la actividad comercial que se desarrollaba en la bahía de San Juan.

Para la década de los '70 además del movimiento industrial, la actitud hacia los humedales comenzó a cambiar. Bajo la administración de James Earl Carter, Jr. en Estados Unidos se aprueba la Orden Ejecutiva 11990 del año 1977 que es la primera legislación federal para la protección de los humedales. En Puerto Rico, para el 1978, gracias a un esfuerzo intensivo de planificación costera, se adopta una nueva política de gobierno para la conservación de los humedales y los manglares (Batista, 2005). En el 1979, el Departamento de Recursos Naturales le otorga el status de Reserva de Vida Silvestre a una porción de la Ciénaga (SJBEP, 2000).

Entre el 1981 y el 2002, la población de Cataño incrementó y por consecuencia las personas comienzan a construir sus viviendas cada vez más adentro de la Ciénaga, ocasionando la reducción de las funciones del humedal para el manejo de las aguas de escorrentías y afectando la capacidad de controlar las inundaciones. De igual forma, debido a la falta de infraestructura sanitaria y pluvial en las comunidades aledañas al ecosistema, dicha construcción ha ocasionado la acumulación de contaminantes (UMET, 2007). Aún así, este ecosistema ha mantenido su función como hábitat de especies de mariposas típicas de los llanos costeros (UMET, 2007).

En el 1992, el Estuario de la Bahía de San Juan fue incluido en el Programa de Estuarios Nacionales de Estados Unidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Una vez se incorpora al Programa Nacional se comienza a evaluar el área a través de estudios científicos y sociales. Ya para el año 2000 se completó la evaluación del Estuario

con la conceptualización del Plan Integral de Manejo para la Conservación del Estuario de La Bahía de San Juan. Este Plan es parte de la política pública del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Al mismo tiempo, las comunidades aledañas se convierten en grupos comunitarios en defensa de la Ciénaga Las Cucharillas.

Uno de estos grupos comunitarios se conoce como Comunidades Unidas Contra la Contaminación conocida como CUCCO. Esta organización logró que el dinero proveniente de la multa que la EPA le impuso a la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) por violar estándares de calidad de aire en su planta de Palo Seco, se invirtiera en la Ciénaga. Dicho dinero se utilizó para consolidar parcelas de terreno, restaurar el ecosistema, monitorear la disposición ilegal de desperdicios y mejorar el flujo y la calidad del agua, así como para implantar un plan de manejo de la Ciénaga Las Cucharillas.

Para el 2003 bajo la incumbencia de Sila M. Calderón, Gobernadora de Puerto Rico, se creó la Ley de la Reserva Natural la Ciénaga Las Cucharillas. Dicha ley establece un acuerdo para administrar los terrenos comprendidos en la Reserva Natural con mira a su protección y conservación (ELA, 2003). Dicho acuerdo se llevó a cabo entre AEE, la Universidad Metropolitana (UMET), CUCCO y el Programa del Estuario de la Bahía de San Juan. Posteriormente, por orden ejecutiva la Gobernadora ordenó a la Junta de Planificación designación de un área de planificación especial en donde se delimite la Reserva Natural de la Ciénaga Las Cucharillas (UMET, 2007). Luego la destilería Bacardí transfirió diez cuerdas de terreno ubicadas en la ciénaga a la Universidad Metropolitana. El traspaso ocurre, como parte de un convenio con la EPA por quebrantar el permiso de descarga bajo la Ley de Agua Limpia.

Las organizaciones de base comunitaria, la Universidad de Puerto Rico, la Universidad Metropolitana y las agencias gubernamentales trabajan para una

caracterización de la ciénaga. Con el propósito principal de conocer los contaminantes que se encuentren en la ciénaga y las posibles consecuencias de estos a los seres humanos, a la flora y fauna.

PCBs

Características de los PCBs

Fórmula empírica: $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ donde la n corresponde al número de átomos de cloros. La estructura molecular tridimensional se presenta en la figura 1 y la estructura molecular plana en la figura 2.

Las cualidades principales de los PCBs son resistencia al fuego, baja conductividad eléctrica, elevada estabilidad química, resistencia a los agentes oxidantes y/o a otras sustancias químicas como los ácidos y base (ATSDR, 2006), viscosidad alta, baja polaridad (Lara et al. ,2005). Los PCBs tienen una masa molecular relativa entre 189 a 499 gramos por mol (g/mol) y una densidad entre 1.2 a 1.6 gramos por centímetro cúbico (g/cm³). Además, el punto de ebullición se encuentra entre 320 y 420 grados centígrados (°C) y la presión de vapor esta entre 0.2 y 1.33×10^{-3} pascal (Pa). Estos compuestos químicos son liposolubles, altamente solubles en solventes orgánicos y en aceite (NIOSH, 2005). El enlace cloro-carbono es muy estable frente a la hidrólisis y cuanto mayor es el número de sustituciones de cloro y/o grupos funcionales, más elevada es la resistencia a la degradación biológica y fotolítica

Los PCBs al entrar en calor a temperaturas entre 550 y 700 °C pueden producir dibenzofuranos policlorados, que es una sustancia muy peligrosa al ambiente y perjudicial a la salud (Greenpeace, 2007). Además, son sustancias semivolátiles, propiedad que les permite vaporizarse o ser absorbido por partículas atmosféricas y suspenderse en aerosoles. Esta circunstancia da lugar a que se produzca su transportación

por aire y agua desde regiones cálidas a frías, mediando grandes distancias y distribuyendo los efectos de la persistencia, bioacumulación y bioconcentración a través de todo el planeta, incluso a lugares muy distantes de las fuentes de emisión (Greenpeace, 2007).

Los PCBs pueden mantenerse inalterados por un largo periodo de tiempo en el medio ambiente. Es precisamente esta inalterabilidad conocida como persistencia la que ha provocado que los PCBs sean clasificados como COP. Los PCBs en los suelos se acumulan en la capa de humus, desde donde se movilizan con dificultad, una vez reabsorbido pueden moverse a través de la fase de vapor. Su degradación es muy poca y su persistencia aumenta en relación directamente proporcional con el grado de cloración. Es la vía de entrada directa a las plantas, donde los efectos se pueden observar como reducción de la división celular y de la capacidad fijadora de bióxido de carbono (CO₂), lo cual inhibe el crecimiento en general (Neumeier, 1998).

Efectos a la salud de los seres humanos

Los PCBs son sustancias que se absorben fácilmente a través de la piel y permanecen en hígado, donde se acumulan. El hígado puede desarrollar tumores tanto benignos como malignos. Los principales efectos que puede causar la absorción de los PCBs son: irritación en los ojos, hipersecreción de las glándulas lagrimales, daños hepáticos, deficiencia del sistema enzimático, desórdenes de la sangre, daños a la piel produciendo acné e hiperpigmentación, daños al sistema nervioso. Además los hijos de madres expuestas tienen mayor probabilidad de nacer con bajo peso así como anomalías óseas. La Organización Mundial de la Salud ha clasificado a los PCBs como probables carcinógenos (Neumeier, 1998).

Historia de los PCBs

Los PCBs son sustancias químicas que se descubrieron para el 1865, en la elaboración de un producto de brea de carbón y fueron sintetizados por primera vez en el 1881 (Fisher, 2007). En 1927, los PCBs fueron manufacturados comercialmente por Anniston Ordnance Company en Anniston, Alabama. Ya para el 1930, la compañía productora de PCBs cambia el nombre a Compañía Química Swann (Fisher, 2007). El primer problema a la salud registrado por contaminación de PCBs fue para el 1933, donde 23 de 24 trabajadores de la compañía antes mencionada sufrieron de acné, tipo pústula, en la cara y en el cuerpo además, se quejaban de pérdida de energía y de apetito (Lincoln, 1999). En 1935, la Compañía Química Swann fue comprada por la Industria Química Monsanto (de ahora en adelante nombrada como Monsanto) y se estableció en: St. Louis, Missouri; Sauget, Illinois y Anniston y Alabama (Beiles, 2000). Para esta misma fecha, a nivel mundial se proliferó su uso, produciéndose los PCBs en las compañías como: Caffaro en Italia, Protolec en Francia, Kanegafuchi Chemical Co. en Japón, Bayer en Alemania y en Uralelectrotyazhmash en Rusia. Se comienza a difundir los PCBs entre las industrias de productos electrónicos como General Electric (GE) y Westinghouse (Montague, 1981).

Para el 1937, se publicó en la Revista Científica de Higiene y la Toxicología Industrial un estudio donde relacionaban la exposición a los PCBs con las enfermedades del hígado. La Universidad de Harvard informó que los difenilos (nombre antiguo para PCBs) tratados con cloro eran capaces de hacer daño en concentraciones muy bajas y es probablemente el más peligroso de los hidrocarburos tratados con cloro estudiados (Drinker, 1937).

En 1938 un estudio del aceite con PCBs producidos por GE y Westinghouse demostró que hubo daños al hígado en aquellas personas que tuvieron contacto con el aceite. Para aquel entonces, se sugirió que los empleados utilizaran medidas preventivas para evitar el contacto con el aceite, además de tener una buena ventilación (Francis, 1994). Posteriormente, en 1947, GE comienza a utilizar PCBs en la manufactura de equipos electrónicos en la planta Edward en la ribera este del río Hudson en New York. Luego, GE comienza a mezclar aceite con PCBs y crean su propia fórmula llamada Pyrosol. Antes de 1977, GE había descargado entre 500,000 a 1.5 millones de libras de PCBs en el río Hudson (Lincoln, 1999). Otra contaminación ocurrió en Monsanto, una explosión para el 1949 en la planta de Nitro, en Virginia del Este. A raíz de este incidente, varios trabajadores fueron expuestos al aceite con PCBs, a la mayoría de estos le provocó cáncer (Zack &Gaffey, 1983).

En 1954 el río Fox en Wisconsin fue contaminado con aguas residuales con PCBs proveniente de productos de papeles de copia sin carbono producidos por la Compañía de Papel Appleton (Tilson, 1990). En Bloomington, Indiana desde 1957 hasta el 1977 la compañía Westinghouse fabricó los condensadores eléctricos usando Interteen que es una mezcla de PCBs en aceite mineral. Actualmente, algunos sitios de la ciudad se encuentran contaminados con PCBs y pertenecen al programa de la EPA de Superfondo (Tokar, 1999). En 1960 comienza a operar la Termoeléctrica de Palo Seco, en Cataño, Puerto Rico. Esta termoeléctrica su generador de electricidad utiliza aceite con PCBs. Además todos los transformadores de distribución de energía también utilizaban aceite con PCBs.

La comunidad científica comenzó a percatarse del problema ambiental que representaban los PCBs cuando el Dr. Soren Jensen de origen sueco publicó sus hallazgos en el 1966. El informe reveló la capacidad de los PCBs en bioacumularse a través de

cadena alimentaria, los cuales tardan muchos años en biodegradarse y pasan fácilmente a través de las porciones lipídicas de la membrana celular y se absorben rápidamente en tejidos finos grasos de los mamíferos. Los animales de la parte más alta de la cadena de alimentaria, como: las ballenas, los osos polares, los delfines y los seres humanos, pueden almacenar PCBs en altas concentraciones (Thomas & Colborn, 1992).

Durante el 1968, unas 1,300 personas residentes de Kyushu en Japón se sintieron enfermos luego de haber consumido aceite de arroz Yusho contaminado con PCBs. Las personas expuestas sufrieron irregularidades en los nódulos linfáticos, enfermedades del hígado y de tumores cancerosos. Posteriormente, unas 50 personas murieron. Peor aún, los niños nacidos de madres que habían ingerido el aceite se caracterizaron por la pigmentación oscura de la piel, bajo peso al nacer, temprano crecimiento dental y párpados hinchados (Tryphonas, 1995).

Luego, para el 1969 el Dr. Robert Rishborough de la Universidad de Berkeley en California demostró que los PCBs habían contaminado la cadena alimentaria de Estados Unidos. Los científicos suecos y estadounidenses acordaron que los PCBs son químicos altamente tóxicos (Fisher, 2007). En ese mismo año el Congreso de Estados Unidos aprobó el Acta Ambiental Nacional en la cual se le daba énfasis a las condiciones de los ríos (Lincoln, 1999). Entre 1969 y 1971, se reportaron 9 alimentos importantes contaminados con PCBs (Francis, 1994).

En Ohio los silos de la comida del ganado fueron pintados con pintura que contenían PCBs y como consecuencia la leche se contaminó. Se estima que otros 50 silos fueron pintados en el Estado para el 1970 (Francis, 1994). La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés), terminaron un estudio de la salud en Anniston, Alabama encontrando que la exposición del PCBs en la

ciudad es un peligro para la salud pública. También sugirieron que comer cerdos, pescados y pollos producidos localmente era la mayor fuente de contaminación del PCBs (Bailes, 2000). La compañía de sopas Campbell's tuvo que matar 146,000 pollos provenientes de New York, después de detectar altos niveles de PCBs. En 1973 la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo impulsó la limitación del uso de los PCBs y el desarrollo de mecanismos de control. (Lincoln, 1999). En el 1975, unas 124,000 latas de salmón procedentes del Lago Michigan fueron decomisadas por estar contaminadas con PCBs.

En el mismo año, 1975, el Congreso de los EU aprobó en el Acta de Control de Sustancias Tóxicas en la cual prohibía la fabricación, venta y la distribución de PCBs excepto en sistemas que fuesen totalmente cerrados, dándole un plazo de 3 años a las compañías para cumplirla. Sin embargo, los transformadores y los condensadores todavía se permitían contener PCBs. En el 1976 Europa y Canadá habían prohibido el uso, comercialización y producción de PCBs (Henao, 2001). Para el 1977, Monsanto dejó de producir PCBs en Estados Unidos (EU) y luego de muchos años la GE desistió de arrojar PCBs al río Hudson. En el 1978 la Agencia de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (USDA, por sigla en inglés) destruyó 400,000 libras de cerdos y de pollos proveniente de Billing, Montana porque unos 200 galones de una mezcla de aceite y PCBs de un transformador había contaminado la comida de éstos (Lincoln, 1999).

Al comienzo de la década de los 80, el Congreso de los EU aprobó la Ley del Superfondo, la cual designa presupuesto para limpiar los sitios más contaminados con desperdicios tóxicos del país. Al inicio esta Ley, ésta no funcionó debido a que los altos oficiales de la EPA utilizaron el dinero para otros fines. Para el 1983, el gobierno federal desalojó a todos los residentes del pueblo de Times Beach en Missouri porque el pueblo

estaba altamente contaminado con dioxinas, PCBs y pesticidas (Montague, 1981). En 1985, en Kenora, Ontario se produjo un derrame al transportar PCBs. Dicho incidente permitió que posteriormente se dispusieran normas estrictas para la transportación segura de este material (Ortiz, 2003).

En la década del 90 se hizo un estudio en los hijos de las madres embarazadas que fueron expuestas a contaminación con PCBs. Se encontró que los niños padecían de hipotonía o pérdida de masa muscular y de hiporeflexia o reflejos debilitados en el nacimiento. Se encontró también que tenían retraso en el desarrollo psicomotor entre las edades 6 y 12 meses, la memoria (ATSDR, 2007) así como la visión disminuida (Evangelista, 1997). En el 1991 el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EU clasificó y etiquetó los PCBs como agentes probable carcinógenos (EPA, 2001). Una compilación de estudios ligaba los problemas reproductivos humanos a la contaminación con los PCBs, siendo el sistema más afectado el sistema de endocrino humano (Thomas & Colborn, 1992). Los investigadores demostraron para el 1993, que la gente que vivía en las regiones árticas tenían altas concentraciones de PCBs en sus cuerpos. Los PCBs emigraron a la región a través de la atmósfera y se asentaron por el aire frío. Dado a que la dieta de estos residentes es dominada por el consumo de pescados, de la carne de la foca y de la ballena, esto pone a la gente en un serio riesgo de enfermarse por la bioacumulación del PCBs en la cadena de alimento (ATSDR, 2008).

Un jurado de Los Ángeles en 1994 multó por \$9.7 millones a la Compañía de Tubería Transwestern por los daños causados por el uso de PCBs. Entre los años 1968 a 1972, esta compañía utilizó un lubricante que contenía PCBs en la compresión del gas de su tubería de gas natural a través de New México, Arizona y parte de California. La

contaminación fue descubierta en 1981 y la limpieza de la tubería comenzó de inmediato (The National Law Journal, 1994).

Los estudios demostraron en el 1995 que 6 mujeres que consumieron pescados de las aguas contaminadas de los Grandes Lagos y de Canadá parieron niños con una inusual alta susceptibilidad a tener infección bacteriana. PCBs también se ha demostrado que dañan los nervios del cerebro de los fetos mamíferos (Tryphonas, 1995). En 1999, un gran jurado de Filadelfia encontró culpable a Monsanto y le ordenó pagar \$90 millones en daños al estado de Pennsylvania. Esto por vender y distribuir aceite con PCBs que contaminaron el medio ambiente y afectó la salud de los residentes.

En 12 edificios para hospedajes de estudiantes se utilizó pegamento con PCBs, luego en 1994 hubo un fuego, provocando que los PCBs al incinerarse produjeran dioxinas en grandes concentraciones. Los bomberos decidieron que los edificios fueran demolidos por la alta contaminación, esto se realizó en agosto de 1998 (Fisher, 2007).

En el 2000 un comité del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) concluyó un tratado de 3 años de negociaciones internacionales entre 120 naciones, para hacer obligatorio la prohibición de los 12 agentes contaminantes orgánicos persistentes incluyendo PCBs, las dioxinas y los furanos. El tratado fue firmado en Estocolmo entre el 22 y 23 de mayo de 2001 (Fisher, 2007). El tratado se conoce como Convenio de Estocolmo y el acuerdo principal es la eliminación de equipos que contengan PCBs para el año 2025. Otro tratado ambiental es Convenio de Basilea del 1989, que regula entre los países el movimiento fronterizo de los desechos peligrosos.

Entre el 2000 y el 2003 la Autoridad de Energía Eléctrica comenzó a eliminar los transformadores que contenían PCBs en la Termoeléctrica de Palo Seco. La AEE tiene

hasta el 2010 para cesar de utilizar transformadores con PCBs, sistema abierto. Para el 2025 finalizara el uso de PCBs en sistemas cerrados (Navia, 2001).

Estudios de casos:

Contaminantes depositados en el Estuario de la Bahía de San Juan para los años 1925 al 1950 (Webb, Gómez & McIntyre, 1998)

Este estudio se realizó para describir las condiciones previas del Estuario de la Bahía de San Juan, se realizó una cronoestatigrafía, que es un estudio de la edad absoluta de los estratos de la piedra, a las muestras de sedimentos en todo el Sistema de Estuario. Se analizaron para detectar elementos naturales y contaminantes antropogénicos. Se tomaron muestras de sedimento en el Caño Martín Peña y las lagunas Los Corozos, Piñones, San José, La Torrecilla y del Condado. Las estimaciones de las tasas de sedimentación de los seis lugares donde se tomaron muestras fueron realizadas por el análisis de las capas de sedimentos utilizando Cesio-137, un radioisótopo, una prueba nuclear para lluvia radiactiva.

Las tasas de acumulación de sedimentación varió de 0.24 centímetros por año en las zonas aisladas de manglares que bordean la laguna y de 3.9 centímetros por año en el canal natural de las mareas. Basado en las tasas promedio de sedimentación calculada, los sedimentos de los seis lugares que fueron muestreados y homogeneizada para representar deposito de sedimentación de los períodos de 1925 a 1949, desde 1950 a 1974, y de 1975 a 1995. Los sedimentos depositados durante los tres intervalos de tiempo se analizaron para traza de elementos, plaguicidas y PCBs. Las concentraciones promedio de plomo fue de 20 microgramos por gramos ($\mu\text{g/g}$), de mercurio se obtuvo 0.05 $\mu\text{g/g}$ y de arsénico 11 $\mu\text{g/g}$ en las capas de sedimento depositado antes de 1950. Estas concentraciones son

similares a las de la muestra de sedimentos en los arroyos inalterados en las tierras altas. El área más contaminada fue el Caño Martín Peña, las concentraciones de plomo en los sedimentos aumentaron de 30 $\mu\text{g/g}$ a 745 $\mu\text{g/g}$; mercurio aumentó de 0.16 $\mu\text{g/g}$ a 4.7 $\mu\text{g/g}$; Y los PCBs aumentaron de 12 $\mu\text{g/kg}$ a 450 $\mu\text{g/kg}$. Los DDT las concentraciones fueron de 0.48 $\mu\text{g/kg}$ (suma de DDT, DDD y DDE) para el período 1925 a 1950, aumentó a 46 $\mu\text{g/kg}$ para el período 1950 a 1975, y disminuyó a 14.6 $\mu\text{g/kg}$ para el período de 1975 a 1995.

El estudio demostró que los PCBs son omnipresentes en todo el Estuario. El lugar más contaminado fue el Caño Martín Peña con una concentración de 745 $\mu\text{g/kg}$ y el segundo fue la Laguna Los Corozos con 360 $\mu\text{g/kg}$. La Laguna de Piñones fue la que menor concentración de PCBs obtuvo con 20 $\mu\text{g/kg}$. Las concentraciones de PCBs en general aumentaron de los más antiguos estratos, segmento entre los años 1925 al 1949, a los más reciente estratos, segmentos de los años 1975 al 1995. Los investigadores expresan que estas altas concentraciones de PCBs son a consecuencias de efectos antropogénicos. Los PCBs pudieron ser arrastrados desde las tierras altas hasta llegar al Estuario. Además, indican que hay que considerar que para el 1960 al este de la Laguna del Condado se encontraba una planta termoeléctrica que utilizaba PCBs.

El misterio del Embalse Dos Bocas en Puerto Rico: explicación de la extrema heterogeneidad espacial en la distribución de la Lobina (Neal, et al., 2005)

El Embalse Dos Bocas, Utuado Puerto Rico, se ha señalado la variabilidad en la distribución de peces, también la abundancia de piscívoros, entre las dos principales cuencas de embalse. El Embalse se dividió en tres áreas para propósito de éste estudio, la cuenca occidental se nombró como cuenca uno, la cuenca oriental se denominó como

cuenca dos y la confluencia de la cuenca uno y dos se nombró como confluencia. Los investigadores han cuantificado la comunidad de peces, la distribución de electricidad en cada cuenca, la confluencia, se evaluaron la calidad del agua, y las concentraciones de contaminantes, la disponibilidad de hábitat y la selección de hábitat. La composición de la comunidad de peces varía notablemente entre las tres áreas. Encontraron en la Cuenca uno poca cantidad de Lobina (*Micropterus Salmoides*) 0.5 peces/hora, en la Confluencia la tasa de captura fue moderadas con 11 peces/hora, y en la Cuenca dos relativamente alta la captura 35 peces por hora. La cuenca uno y la cuenca dos detectaron diferencias significativas en el pH, en la conductividad, y en la turbiedad del agua, ninguno de los análisis estuvo fuera del rango adecuado que pueda afectar a la mayoría de las especies de peces.

El análisis de los contaminantes químicos comunes como los congéneres de bifenilos policlorados (PCB), los plaguicidas, y el mercurio reveló una inusual distribución de estos, encontrando mayor cantidad en la cuenca uno. Las muestras de sedimentos fueron recolectadas usando el método Wildco Ponar y se analizaron para 20 congéneres de PCBs. Las muestras fueron extraídas con solvente orgánico y los analitos de interés fueron aislados utilizando una columna de sílica y se utilizó la cromatografía de exclusión o de gel. Los extractos purificados fueron analizados por el Cromatografía de Gas (GC) con doble columna detección por la captura del el electrón (ECD) para los PCB.

Lobinas de otro embalse fueron puestos en libertad en la Cuenca uno, se encontró que abandonaron rápidamente la Cuenca uno y fueron localizados 11 días más tarde en la Confluencia y luego se movieron a la Cuenca dos en el que se mantuvo durante la duración del estudio. Se realizó lo mismo en la Cuenca dos, las Lobinas se mantuvieron

cerca de su sitio donde fueron arrojadas. Los investigadores tienen la hipótesis de que las diferencias en las cuencas hidrográficas puede ser el resultado a corto plazo de las actividades humanas en las áreas adyacentes. La alta sedimentación y la acidificación de la Cuenca uno que son acontecimientos a corto plazo puede contribuir a la variación en los peces ensamblajes.

CAPÍTULO III

MARCO LEGAL

En este capítulo se discuten las leyes o reglamentos que regulan a los humedales y/o reglamentan o resguardan algún elemento interrelacionado con el ecosistema de los humedales (López, 1999). Además, se presentan las leyes y regulaciones para las sustancias tóxicas como los PCBs. Estas leyes han sido decretadas tanto por el gobierno estatal y como el federal, en defensa de la ecología, a favor de la conservación de los humedales y en contra de los contaminantes peligrosos.

Leyes del Gobierno de Puerto Rico

Constitución del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, 1952

Expone en Artículo VI en la Sección 19 que “será política pública del Estado Libre Asociado la más eficaz conservación de sus recursos naturales, así como el mayor desarrollo y aprovechamiento de los mismos para el beneficio general de la comunidad”.

Ley Núm. 23 del 20 de junio de 1972 conocida como "Ley Orgánica del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales".

La misma establece la organización, las facultades, los deberes, las funciones del DRNA. Cuya responsabilidad es custodiar los recursos naturales de Puerto Rico, vigilando la utilización y conservación de los mismos.

Ley Núm. 133 del 1 de julio de 1975, según enmendada conocida como Ley de Bosques de Puerto Rico

En el artículo dos expresa la política forestal del ELA en lo siguiente: “los bosques son un recurso natural y único por su capacidad para conservar y restaurar el balance ecológico del medio ambiente; conservan el suelo, el agua, la flora y la fauna; proveen

productos madereros; proporcionan un ambiente sano para la recreación al aire libre y para la inspiración y expansión espiritual del hombre; y el manejo forestal provee una fuente de empleo rural. Los bosques constituyen, por lo tanto, una herencia esencial, por lo que se mantendrán, conservarán, protegerán, y expandirán para lograr su pleno aprovechamiento y disfrute por esta generación, así como legado para las generaciones futuras”.

Ley Núm. 136 del 3 de junio de 1976, según enmendada hasta el 1998, se conocerá como "Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico".

Específicamente en el artículo dos establece que “es política pública del Estado Libre Asociado mantener el grado de pureza de las aguas de Puerto Rico que requiera el bienestar, la seguridad y el desarrollo del país, asegurar el abasto de aguas que precisen las generaciones puertorriqueñas presentes y futuras mediante el establecimiento de áreas de reserva de aguas y aprovechar las aguas y cuerpos de agua de Puerto Rico con arreglo al interés público y a criterios de uso óptimo, beneficioso y razonables. A estos efectos, y a propósito, además de proteger al país frente a las adversidades de la escasez, el mal uso, el desperdicio y la contaminación de tan esencial recurso, así como para lograr que su aprovechamiento sea compatible con las realidades físico-naturales en que el mismo se encuentra y con las necesidades sociales y económicas del país, se declaran las aguas y cuerpos de agua de Puerto Rico propiedad y riqueza del Pueblo de Puerto Rico. El Gobierno del Estado Libre Asociado administrará y protegerá ese patrimonio a nombre y en beneficio de la población puertorriqueña. Así mismo es política del Estado Libre Asociado lograr la distribución más equitativa y justa de sus aguas. A ese efecto se establece que las necesidades de agua adscritas al consumo doméstico y particularmente al consumo humano, deberán ser satisfechas con prelación a cualesquiera otras y que en

la adjudicación del sobrante disponible el interés público deberá prevalecer frente a todo otro interés o reclamo”.

Ley Núm. 150 del 4 de agosto de 1988 conocida como Ley del Programa de Patrimonio Natural de Puerto Rico.

La misma dispone la importancia de proteger la vida silvestre y las comunidades que las albergan, para uso y disfrute de las futuras generaciones. Además, la ley faculta al DRNA a poder adquirir áreas de gran valor natural. Las metas y los objetivos en la sección 3 son:

- 1) “Identificar los terrenos, comunidades naturales y hábitats que le dan albergue a la vida silvestre, así como los que son esenciales para la supervivencia y protección de las especies de flora y fauna vulnerables o en peligro de extinción y cualesquiera otros terrenos que el Programa determine que deben preservarse por su valor como recurso natural”.
- 2) “Diseñar áreas de valor natural que deben protegerse”.
- 3) “Preparar planes de adquisición y protección para dichos terrenos”.
- 4) “Fortalecer las organizaciones sin fines de lucro dedicadas a la conservación de los recursos naturales, compartiendo con éstas la responsabilidad de adquirir, restaurar y manejar dichos recursos”.
- 5) “Coordinar y viabilizar la adquisición, restauración y manejo de dichas áreas por el Departamento, agencia de Gobierno u organización sin fines de lucro”.

Ley Núm. 314 del 24 de diciembre de 1998, según enmendada Ley para establecer política pública de humedales

Reconoce el valor de los humedales de Puerto Rico. El artículo uno expone que “los humedales constituyen un importante recurso natural en Puerto Rico de gran valor ecológico, de incomparable belleza y de un significativo beneficio recreativo, educacional, científico y económico. Este recurso tiene varias funciones, tales como mejorar la calidad del agua y del medio ambiente, en la recarga de los acuíferos o aguas subterráneas, suplir de alimento y hábitat a la vida silvestre, propiciar el establecimiento de las cadenas alimentarias, ayudar a mitigar inundaciones, producir oxígeno, retener y estabilizar los sedimentos provenientes de tierras altas para que no lleguen al mar y proveer lugares de atractivo turístico. Se establece como política pública del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, la protección de los humedales, entre ellos los pantanos y las ciénagas. A esos fines, se promueve la preservación, conservación, restauración y el manejo de este valioso recurso natural”.

El artículo cinco define el término humedal como: “Un área natural o saturada por aguas superficiales o subterráneas a un intervalo y duración lo suficiente como para sostener y el cual bajo circunstancias normales sostiene o sostendría una vegetación típicamente adaptada a condiciones de suelos saturados, inundados o empozados la cual incluye a humedales tales como los pantanos, ciénagas, las planicies costeras (salitrales y lodazales), los cuerpos de agua abierta, marismas, o áreas similares.”

Ley Núm. 241 del 15 de agosto del año 1999 conocida como “Nueva Ley de Vida Silvestre de Puerto Rico.”

Se creó “para establecer la Nueva Ley de Vida Silvestre de Puerto Rico, con el propósito de proteger, conservar y fomentar las especies de vida silvestre tanto nativas como migratorias; para declarar propiedad de Puerto Rico todas las especies de vida

silvestre en su jurisdicción; para definir las facultades, poderes y deberes del Secretario del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales; para reglamentar la caza, el uso de armas de caza y la inscripción de las armas de caza; para expedir, renovar y revocar licencias de caza, permisos para operar coto de caza y permisos de caza o colección con propósitos científicos, educacionales, de recuperación o control poblacional; para establecer reglamentación para la introducción de especies exóticas a Puerto Rico; para fijar las penalidades por la violación a las disposiciones de esta Ley y de los reglamentos promulgados en virtud de la misma, y para derogar la Ley Núm. 70 de 30 del mayo de 1976, según enmendada”.

Ley Núm. 49 del 4 del enero de 2003 conocida como “Ley de Prevención de Inundaciones en Puerto Rico, la Conservación de Ríos y la Dedicación a Uso Público de Fajas Verdes”

En el artículo uno establece que la “política pública del Gobierno de Puerto Rico preservar los ríos y quebradas como ecosistemas que proveen múltiples beneficios. El Departamento de Recursos Naturales y Ambientales podrá llevar a cabo obras de control de inundaciones y canalización de ríos siempre y cuando las obras sean necesarias para prevenir inundaciones en áreas que tienen un historial de inundaciones con daños a la vida y la propiedad y cuya realización tenga un obvio fin e interés público, y que el costo de las mismas sea inferior a la expropiación, reubicación o remoción de estructuras, de construcciones o de rellenos en zonas inundables”.

Ley Núm. 416 del 22 de septiembre de 2004 conocida como “Ley Sobre Política Pública Ambiental”

Ésta deroga la Ley Núm. nueve del 18 de junio de 1970, según enmendada, conocida como Ley sobre Política Pública Ambiental. La Ley Núm. 416 exponer como “política pública ambiental la utilización de todos los medios y medidas prácticas con el propósito

de alentar y promover el bienestar general, para crear y mantener las condiciones bajo las cuales los seres humanos y la naturaleza puedan existir en armonía productiva y cumplir con las necesidades sociales y económicas y cualesquiera otras que puedan surgir con las presentes y futuras generaciones de puertorriqueños”. En el artículo 2 presenta los objetivos principales de la ley que son los siguientes:

- 1) “establecer una política pública que estimule una deseable y conveniente armonía entre el hombre y su medio ambiente”
- 2) “fomentar los esfuerzos que impedirían o eliminarían daños al ambiente y la biosfera y estimular la salud y el bienestar del hombre”
- 3) “enriquecer la comprensión de los sistemas ecológicos y fuentes naturales importantes para Puerto Rico”
- 4) “establecer una Junta de Calidad Ambiental”

Reglamentos del Gobierno de Puerto Rico

Reglamento 4282, del 28 de marzo de 2003, según enmendado, Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de la Junta de Calidad Ambiental.

Las metas de este son: “preservar, conservar y mejorar la calidad de las aguas de Puerto Rico, de manera que sean compatibles con las necesidades sociales y económicas del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Los propósitos de este reglamento son:

- 1) Designar los usos para los cuales la calidad de los cuerpos de agua de Puerto Rico deberá ser sometida y protegida.
- 2) Prescribir los estándares de calidad del agua a fin de conservar los usos designados.

- 3) Identificar otras reglas y reglamentos aplicables a fuentes de contaminación que puedan afectar la calidad de las aguas sujetas a este Reglamento.
- 4) Prescribir medidas adicionales necesarias para implantar, lograr y conservar la calidad del agua”.

Reglamento 6765 del 11 de febrero del 2004, del Departamento de Recursos Naturales conocido como Reglamento para Regir la Conservación y el Manejo de la Vida Silvestre, las Especie Exóticas y la Caza en el Estado Libre Asociado De Puerto Rico.

Sus propósitos son:

- 1) “Promover la protección, conservación y manejo de las especies de vida silvestre.
- 2) Establecer un mecanismo para la mitigación de modificación de hábitat natural
- 3) Reglamentar con mayor rigor el otorgamiento de licencias de caza, la inscripción de armas de caza y la revocación y suspensión de las mismas por infracciones expuestas en la ley y en este reglamento.
- 4) Regular la introducción de especies exóticas a Puerto Rico.
- 5) Regular todas las actividades relacionadas con los recursos de vida silvestre”.

Reglamento 6766, Manejo de Especie Vulnerables o en Peligro de Extinción, del 11 de febrero del 2004, del Departamento de Recursos Naturales

Este reglamento dispone que:

- (a) “Identificar, conservar y preservar las especies vulnerables y en peligro de extinción.
- (b) Propiciar la propagación y supervivencia de las especies vulnerables y en peligro de extinción.

- (c) Identificar y promover la conservación de los habitats naturales críticos esenciales.
- (d) Reglamentar la importación y exportación de especies vulnerables y en peligro de extinción
- (e) Adoptar criterios de designación utilizados por la comunidad científica internacional para especies cuya tendencia poblacional podría llegar a estar en peligro crítico e incluso extinguirse en un periodo de tiempo breve”.

Reglamento 13, Quinta Revisión, del 5 de septiembre del 2002 de la Junta Planificación conocido como Reglamento Sobre Zonas Susceptibles a Inundaciones.

Las disposiciones de este Reglamento establecen las medidas de seguridad para controlar las edificaciones y el desarrollo de terrenos en las áreas declaradas susceptibles a inundaciones o zonas provisionales inundables y tienen los siguientes propósitos:

- 1) Restringir o prohibir desarrollos que sean peligrosos a la salud, seguridad y propiedad que estos propician el aumento de los niveles de inundación o velocidades de las aguas que resulten en aumento de la erosión.
- 2) Requerir que desarrollo que sean vulnerables a inundaciones, incluyendo las facilidades que los sirven, sean protegidos contra inundaciones al momento de construcción original.
- 3) Evitar o controlar la alteración de los valles inundables naturales, cursos de agua, barreras protectoras naturales que acomodan o canalizan aguas de inundación o marejadas.

- 4) Controlar el relleno, nivelación, dragado, obstáculo y otro tipo de desarrollo que pueda aumentar los daños por conceptos de inundaciones o marejadas.
- 5) Evitar o controlar la construcción de barreras que alteren el flujo de las aguas que pueden aumentar el riesgo de inundaciones en otras áreas.
- 6) No promover la localización de nuevos desarrollo, obstáculos o mejoras sustanciales a menos que se haya demostrado que sean evaluado otras alternativas de localización y que las mismas no son viables.

Reglamento 6026, del junio del 2002, de la Junta de Calidad Ambiental conocido como Reglamento para la Presentación, Evaluación y Trámite de Documentos Ambientales.

Los propósitos de este Reglamento son:

- 1) “El proceso de preparación y trámite de los documentos ambientales es uno de planificación y tiene como propósito principal hacer posible que las Agencias del Gobierno de Puerto Rico obtengan, evalúen y analicen toda la información necesaria para asegurar que se tomen en cuenta los factores ambientales en todas y cada una de las decisiones que pudieran en una u otra forma, afectar el ambiente. De esta forma, se garantiza cumplimiento con la Política Pública Ambiental establecida en el Título uno de la Ley Número nueve. Esta Ley establece que será política pública del Gobierno de Puerto Rico utilizar todos los medios y medidas prácticas para alentar y promover el bienestar general y para crear y mantener las condiciones bajo las que el Hombre y la naturaleza puedan existir en armonía productiva.
- 2) Un documento ambiental es una declaración escrita y detallada sobre cualquier acción o actividad que pueda ocasionar algún impacto sobre el

ambiente. Los documentos ambientales son instrumentos de planificación que preparan las agencias como parte de su proceso de toma de decisiones sobre las distintas acciones bajo su consideración. Este proceso de planificación facilita el imprescindible análisis del ambiente que deben tener en cuenta los encargados de tomar las decisiones gubernamentales para llegar a ellas, creando así un marco de referencia que permite la toma de decisiones informadas. Una vez completado el proceso de evaluación del documento ambiental, la agencia proponente, y no la Junta, es la responsable de determinar si la acción o actividad propuesta, con las modificaciones que pudieran resultar de dicho proceso, si algunas, se va a llevar a cabo, sujeto a la determinación de la Junta sobre si el documento presentado cumple con los requisitos reglamentarios correspondientes.

- 3) La Junta de Gobierno de la Junta de Calidad Ambiental participa de este proceso desde el punto de vista de fiscalización conduciendo un trámite investigativo que incluye la obtención de comentarios y recomendaciones de otras agencias gubernamentales y del público en general. La Junta de Calidad Ambiental realizará su propia evaluación y, a la luz de toda la información obtenida, determinará la adecuación de los documentos ambientales que se le presenten. Este trámite o procedimiento será uno informal, no contencioso y sus conclusiones no conllevan determinaciones adjudicativas.
- 4) Las decisiones finales de la Junta de Gobierno de la Junta de Calidad Ambiental podrán ser sometidas al procedimiento de revisión judicial

establecido en la Ley de Procedimiento Administrativo Uniforme, Ley Número 170 del 12 de agosto de 1988, según enmendada”.

Reglamento 4860, del 29 de diciembre de 1992, del Departamento de Recursos Naturales de Puerto Rico, conocido como Reglamento para el Aprovechamiento, Vigilancia, Conservación y Administración de las Aguas Territoriales, los Terrenos Sumergidos Bajo Estas y la Zona Marítimo Terrestre

El trabajo administrativo del Departamento de Recursos Naturales sobre los bienes del dominio público marítimo-terrestre perseguirá los siguientes fines:

- 1) Delimitar la zona marítimo-terrestre y asegurar su integridad y adecuada conservación, adoptando, en su caso, las medidas de protección y restauración necesarias.
- 2) Garantizar el uso público del mar, se su rivera y del resto del dominio público marítimo-terrestre, si más excepciones de las derivadas de razones de interés público debidamente justificadas.
- 3) Regular la utilización racional de estos bienes en términos acorde con su naturaleza, sus fines y con el respeto al paisaje, al medio ambiente y al patrimonio histórico.
- 4) Conseguir y mantener en armonía con las normas adoptadas por la Junta de Calidad Ambiental, un adecuado nivel de calidad de las aguas y de la rivera del mar.
- 5) Implantar procedimientos uniformes y eficientes para la delimitación de la zona marítimo-terrestre y la otorgación de autorizaciones y concesiones para el uso y aprovechamiento de ésta, al igual que para el uso o aprovechamiento de las aguas territoriales y los terrenos sumergidos bajo ellas.

- 6) Evitar o significativamente reducir los riesgos a la vida, propiedad y seguridad pública, mediante la eliminación de desarrollo existente, o la prohibición de nuevos desarrollo en área de alto riesgo y el control adecuado de desarrollo de otros sectores de riesgo.
- 7) Evitar o significativamente reducir el daño a los sistemas naturales, particularmente, en las áreas de reserva natural, al igual que fomentar su conservación y preservación.

Leyes y reglamentos del Gobierno de Estados Unidos

Ley de la Política Ambiental Nacional del 1969 (The National Environmental Policy Act) 42 U.S.C. § 4331 et seq.

Fue el primer reconocimiento significativo entre la relación del bienestar del ser humanos y el ambiente de los Estados Unidos. Los propósitos de esta Ley son: procurar una armonía productiva y agradable entre hombre y su ambiente; promover esfuerzos para prevenir o eliminar daños al ambiente y a la biosfera y estimular la salud y el bienestar del ser humano; para enriquecer la comprensión de sistema ecológicos y los recursos naturales de la Nación; y para establecer una Junta de Calidad Ambiental.

Ley de Administración de Zona de Costeras del 1972 (Costal Zone Management Act), 16 U.S.C.A. §§ 1451 – 1465

La misma declara que es política nacional preservar, proteger, desarrollar y restaurar, hasta donde sea posible, los recursos nacionales de la zona costanera para las presentes y futuras generaciones. Y establecer programas que ayuden al manejo de la zona costera y atender los problemas ambientales costeros.

**Ley de las Especie en Peligro de Extinción del 1973, (Endangered Species Act) 16
U.S.C.A. § § 1531 – 1541**

ESA (por las siglas en inglés), demostró la preocupación de Estados Unidos por la disminución de muchas especies de la flora y fauna silvestres que hay en el mundo. El objeto de la ESA es conservar los ecosistemas de los que dependen las especies amenazadas y en peligro de extinción y conservar y recuperar las especies catalogadas en la lista de especies en peligro de extinción. En virtud de la ley, las especies pueden considerarse en peligro de extinción o amenazadas. Por especies en peligro de extinción se entiende aquellas especies que corren peligro de extinguirse en casi su totalidad o en una gran parte de su área de distribución. Por especies amenazadas se entiende aquellas especies que tienen probabilidades de correr peligro en un futuro cercano. Todas las especies de plantas y animales, salvo por los insectos que son plagas, reúnen las condiciones para pertenecer al catálogo de especies en peligro de extinción o amenazadas.

El Servicio de Pesca y Vida Silvestre (FWS, por las siglas en inglés) del Departamento del Interior de EE.UU. y el Servicio Nacional de Pesca Marina del Departamento de Comercio se encargan de administrar la ley. El FWS tiene la responsabilidad primaria de los organismos terrestres y de agua dulce, mientras que el Servicio Nacional de Pesca Marinas es el responsable fundamentalmente de las especies marinas, tales como el salmón y las ballenas.

La ley dispone la designación de hábitat crítico para aquellas especies de la lista según se considere prudente y determinable. El hábitat crítico incluye áreas geográficas en las que se encuentren aquellas características físicas o biológicas esenciales para la conservación de la especie y que puedan requerir un especial manejo o protección. El

hábitat crítico puede incluir áreas no ocupadas por las especies en el momento de su inclusión en la lista, pero que sean esenciales para la conservación de las especies.

La Ley de Especies en Peligro de Extinción no es la única ley destinada a proteger las especies silvestres de mamíferos, pájaros, reptiles, anfibios y peces, almejas, caracoles, insectos, arañas, crustáceos y plantas. Hay muchas otras leyes con disposiciones de observancia destinadas a proteger las poblaciones de especies raras y su hábitat, como por ejemplo la Ley de Protección de los Mamíferos Marinos, la Ley del Tratado de Pájaros Migratorios y la Ley de Conservación de los Peces Anádromo. En virtud de la Ley de Lacey, es delito federal la importación, exportación, transporte, venta, recepción, adquisición, posesión o compra de fauna o flora silvestres cuya captura, posesión o venta viole cualquier ley, tratado o reglamentación federal, estatal, extranjera o de tribus indígenas.

Ley de Agua Limpia del 1977, (Clean Water Act) 33 U.S.C.S. §§ 1251-1387

El propósito del Ley de Agua Limpia, (CWA, por sus siglas en inglés), en la Sección 1251 establece las metas y política del Gobierno Federal Estadounidense para restaurar y mantener la integridad química, física y biológica de las aguas de la nación. Para alcanzar estos objetivos dispones de ciertas metas como: eliminar para el 1985 las descargas de contaminantes en aguas navegables, mantener una calidad de agua que propicie la protección y propagación de peces, crustáceos, vida silvestre y recreación, eliminar las descargas de contaminantes tóxicos en las cantidades que son prohibidas, brindar ayuda financiera Federal para construir plantas de tratamiento de desperdicios de uso público, supervisar las plantas de tratamiento de desperdicios para asegurar el control adecuado de las fuentes de contaminantes en cada estado; desarrollar la tecnología necesaria para eliminar la descarga de contaminantes en las aguas navegables, las aguas

de la zona contigua, y de los océanos, desarrollar un programa para identificar las fuentes de contaminación.

En la Sección 307(a)(1) identifica a los contaminantes peligrosos como: contaminantes persistentes, compuestos con resistencia a la degradación biológica, la presencia usual o potencial contaminar a los organismos afectados en cualquier agua, la naturaleza y el grado de efecto de los contaminantes tóxicos en los organismos.

La CWA en la Sección 502(6) define los contaminantes como escombros de dragado, desperdicios sólidos, residuos de incineradores, aguas residuales, basura, lodo de aguas residuales municiones, desperdicios químicos. Materiales biológico, materiales radioactivos, rocas, arena desperdicios industriales, municipales y de agricultura. La CWA en la Sección 502(7) hace referencia a las aguas de la nación y las define como aguas navegables. En el 1999, López indica que esta “definición es lo suficientemente amplia para incluir las aguas que no sean navegables, y se refiere a las aguas de los Estados Unidos, incluyendo los mares territoriales, ríos t tributarios, como lagos y humedales”.

La EPA es la agencia encargada de velar por la aplicación de la Ley de Agua Limpia. Esta Agencia obliga a: todos los municipios utilizar tratamientos secundarios de aguas residuales antes que el efluente llegue a las aguas, las industrias a que utilicen la mejor tecnología aplicable para el control de de contaminantes convencionales y no convencionales.

Ley sobre Control de Sustancias Tóxicas (Toxic Substances Control Act, TSCA), 15 U.S.C.A. §§ 2601 - 2692

El propósito de esta ley es desarrollar una base de datos y establecer regulaciones de las sustancias químicas que presenten un riesgo o daño desrazonable a la salud de los seres humanos y al ambiente. Esta base de datos es responsabilidad de los fabricantes de estas sustancias.

Ley de Ríos y Puerto (River and Harbors Act) 33USC 401 et seq.

Esta reglamentación requiere permiso del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para desechar basura, en las aguas navegables de la Nación. Regular toda actividad que afecte la ubicación y el caudal de un cuerpo de agua navegable, o que suceda en esa agua navegable o sobre o bajo la misma. Esta Ley no prevenía la contaminación (Berry & Dennison, 2000).

Ley de Prevención de Contaminación Federal 1990 (Federal Pollution Prevention Act, (PPA)) 42U.S.C.A. 13101

Esta Ley establece la reducción del volumen y de la toxicidad de los desechos en el origen como uno objetivo nacional. La Ley requiere que la EPA desarrolle e implemente estrategias para promover la reducción en la fuente, reciclar y/o utilizar métodos de minimizar los contaminantes como: sustancias peligrosas, emisiones fugitivas y/o contaminantes que puedan impactar al medio ambiente adversamente. La PPA indica que la contaminación que no pueda ser prevenida debe ser entonces reciclada. La contaminación que no pueda ser ni prevenida, ni reciclada debe ser tratada y que el ambiente debe ser la última opción para la disposición del contaminante.

Regulaciones de PCBs 40 C.F.R. § 761

Las regulaciones de los PCBs requeridas por EPA, tiene los siguientes propósitos: prohibir y/o autorizar las actividades comerciales, describe los requisitos para poder

almacenar y disponer de los PCBs, hace excepciones de las prohibición general, define la política de la limpieza de un derrame, detalla la manera de recolectar las muestras y ordena a mantener los expedientes de los PCBs. Además, requiere que los equipos que contengan PCBs estén rotulados y marcados según las especificaciones de EPA. Esta Agencia indica que una descarga al ambiente de aceite con PCBs en una concentración mayor de 50 partes por millón (50 ppm) es considerado como una disposición ilegal e incluye la manera de remedir esta contaminación al ambiente.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

En la ciénaga Las Cucharillas realizamos un estudio en los suelos para determinar la presencia y concentraciones de los PCBs para establecer si existe potencial riesgo ambiental. Se tomaron 12 muestras en áreas distintas como se presenta en la figura 3. El muestro del suelo de la ciénaga y el análisis se realizó de acuerdo al método 8082 de la EPA. Este método analítico utiliza Cromatografía de Gas (GC, por siglas en inglés) como técnica para realizar el análisis de las muestras.

Área de estudio

La ciénaga Las Cucharillas es un humedal palustrino emergente, pantano de agua dulce sujeto al flujo y reflujo de la marea (CORPS, 1978). La localización es la latitud 18°26'39''N y la longitud 66°8'27''O. El suelo es tipo "Saladar muck" y "clayey sand" (UMET, 2007). Las muestras de suelo las tomamos en las áreas aledañas a las descritas por Sotomayor (2007) con la finalidad de caracterizar la zona. Las áreas son: la comunidad Cucharillas, en la colindancia entre Valparaíso y Puente Blanco; en dos zonas del Caño La Malaria y en la parte norte de las Parcelas William Fuerte. Además, recolectamos muestras de seis áreas adicionales debido a las actividades antropogénica de éstos lugares. Estas zonas son: el área cercana a la compañía Andrés Reyes Burgos Inc., cerca del antiguo cauce del Río Bayamón, en los terrenos cercanos a la Termoeléctrica de Palo Seco, en dos sub-estaciones de la Autoridad de Energía Eléctricas (AEE) y por último en los terrenos cercano a la Termoeléctrica de San Juan.

Objetivo de investigación

1. **Determinar la presencia y concentración de los PCBs en el suelo de la Ciénaga Las Cucharillas para establecer si existe riesgo ambiental.**
2. **Comparar los resultados obtenidos de los suelos de la ciénaga Las Cucharillas con los parámetros establecidos por las agencias reguladoras para suelos.**

Muestreo

El diseño metodológico que presentamos a continuación se desarrollo de igual forma en cada uno de los 12 puntos de muestreo.

El equipo de laboratorio que utilizamos fue lavado con agua destilada y jabón previo al contacto con el suelo. Luego, enjuagamos con alcohol isopropílico al 70 % manufacturado por Omega & Delta Co., Inc. En cada ocasión que usamos un utensilio lo lavamos de esta manera. Procedimos a marcar un punto con un banderín, llamado punto central. Luego, desde este punto medimos 4.88 metros (16 pies) hacia los cuatro puntos cardinales, marcándolos también con banderines. En cada punto establecido tomamos una muestra de suelo de aproximadamente 0.6096 m (2 Ft) de profundidad utilizando un barreno para tomar muestra de suelo (Martins *et al.*,2005). Todas las muestras fueron depositadas en un envase de metal y las homogenizamos utilizando una espátula de metal (Gevao *et al.*,2005). El punto central lo localizamos con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) marca Magellan, modelo Explorist 300. Además, el GPS lo utilizamos para medir la elevación del área. La temperatura del suelo la medimos con un termómetro marca Bi-Therm modelo Taylor. La muestra compuesta la recolectamos en un vaso esterilizado de cristal transparente de 236.58 mL (8 oz) marca Scientific Specialities lote # 7-102-002 con tapa con rosca con revestimiento sólido de Teflón. Evitamos que la muestra hiciera contacto con los guantes de los investigadores y/o con cualquier otro material de plástico (Smith 1999). Las muestras las etiquetamos y

las preservamos en una hielera a una temperatura 6 °C (42.8 °F) aproximadamente (EPA, 2007). No añadimos preservativos a las muestras.

Todo el proceso lo reseñamos. Complementamos la cadena de custodia para cada uno de los 12 puntos de muestreo. Las muestras las enviamos a analizar al laboratorio Beckton Environmental Laboratories, Inc. Este laboratorio esta licenciado y regulado por las agencias estatales y federales para hacer este análisis químico. Para la extracción de la muestra el laboratorio utilizó el método SW 846 3540C de la EPA por medio de una extracción soxhlet (EPA, 1996b). Luego, las muestras fueron analizadas por el método 8082 de la EPA en el Cromatógrafo de Gas (EPA, 1996a). Los análisis de las muestras fueron para 8 congéneres de PCBs, presentados en la tabla 2 (ATSDR, 2008).

Toma de Muestras

El primer muestreo lo realizamos el domingo, dos de marzo de 2008 en la ciénaga Las Cucharillas. Tomamos muestras de dos puntos en el Caño La Malaria, que los consideramos como el inicio y el final del mismo. Además, cogimos una muestra en la comunidad Valparaíso en la colindancia con la comunidad Puente Blanco; otra muestra la recolectamos cerca de la compañía Andrés Reyes Burgos Inc. Por último, tomamos una muestra en la desembocadura del Río Bayamón. Todas las muestras las recolectamos siguiendo el diseño metodológico establecido anteriormente.

Punto 1: Estuvimos en la zona de muestreo a las 10:53 de la mañana. Cogimos la coordenada del lugar que lo sitúa en la latitud 18°25'371"N y en la longitud 66°07'740"O (Tabla 1). Tomamos las muestras cerca del comienzo del Caño La Malaria que se encuentra al lado derecho de la Carretera PR-22 en la dirección de San Juan hacia

Arecibo, debajo del puente cerca de la salida hacia la carretera PR-5. Registramos la temperatura que fue 22.22°C (72°F) y la elevación fue de 6 ft.

Punto 2: Arribamos al lugar del muestreo a las 11:48 a.m. Registramos el punto convergencia de la latitud 18°25'894"N con la longitud 66°8'221"O (Tabla 1). Este punto se encuentra entre la colindancia de las comunidades Valparaíso y Puente Blanco. Tomamos la temperatura que fue 27.78°C (82°F) y la elevación fue de 15 ft.

Punto 3: Nos presentamos en lugar de muestreo a las 12:40 p.m. Tomamos la coordenada que fue 18°26'046"N y 66°07'922"O (Tabla1). Este punto de muestreo está localizado en la carretera PR-5 frente a la calle Caribe y al lado de la Compañía Andrés Reyes Burgos Inc. Este lugar era un antiguo vertedero clandestino para finales de la década los 90 (Virella, 1999). Registramos la temperatura que fue 26.11°C (79°F) y la elevación fue de 24 ft.

Punto 4: Llegamos al área del muestreo a las 1:30 de la tarde. Este punto se posiciona en la latitud 18°26'837N y con la longitud 66°8'207"O (Tabla1). Tomamos las muestras cerca de la desembocadura del Caño La Malaria, debajo del puente de la carretera PR-165 entrando por la Urbanización Bay View. Registramos la temperatura que fue 24.44°C (76°F) y la elevación fue de 24 ft.

Punto 5: Fuimos al lugar del muestro a las 2:46 p.m. El punto 5 se localiza en la coordenada 18°27'770N y 66°8'396"O. Este punto se encuentra en la carretera PR-870. Este punto se encuentra en la desembocadura del Río Bayamón. Registramos la temperatura que fue 32.22°C (90°F) y la elevación fue de 7 ft.

El segundo muestreo lo realizamos el lunes, tres de marzo de 2008, en la Ciénaga Las Cucharillas. Ubicamos cuatro puntos adicionales al primer día. Recolectamos muestras en la rívera del Río Bayamón, en los terrenos frente a la Termoeléctrica de Palo

Seco, en parte norte de las Parcelas William Fuerte y en la Estación de Aprendizaje Comunitario en la Comunidad de Cucharilla. Todas las muestras las recolectamos siguiendo el diseño metodológico establecido anteriormente.

Punto 6: Llegamos al lugar a las 2:36 p.m. e inmediatamente tomamos la coordenada que localiza al punto en la longitud $18^{\circ}26'999''\text{N}$ y en la latitud $66^{\circ}9'815''\text{O}$. Este punto está localizado en la rivera del Río Bayamón, en el sector la Ermita, en la carretera PR-165. Registramos la temperatura que fue 26.67°C (80°F) y la elevación fue de 111 ft.

Punto 7: Nos presentamos a las 2:59 de la tarde en los terrenos frente de la Termoeléctrica de Palo Seco en la carretera PR-165. Tomamos la coordenada que se encuentran en la latitud $18^{\circ}26'998\text{N}$ y la longitud $66^{\circ}9'814''\text{O}$. Registramos la temperatura que fue 31.11°C (88°F) y la elevación fue de 10 ft.

Punto 8: Estuvimos en la zona de muestreo a las 3:51 p.m. Cogimos la coordenada que sitúa al punto en la latitud $18^{\circ}26'354''\text{N}$ y la longitud $66^{\circ}09'065''\text{O}$ (Tabla1). Tomamos las muestras en la parte norte de las Parcelas William Fuertes en la carretera PR-869. Registramos la temperatura que fue 32.22°C (90°F) y la elevación fue de 13 ft.

Punto 9: Llegamos al área de muestreo a las 4:36 p.m. Tomamos la coordenada que posiciona este punto en la Latitud $18^{\circ}26'319\text{N}$ y con la Longitud $66^{\circ}9'045''\text{O}$ (Tabla1). Tomamos las muestras en la Estación de Aprendizaje Comunitario en la Comunidad de Cucharilla, entrando por la calle Caribe. Registramos la temperatura que fue 26.67°C (80°F) y la elevación fue de 24 ft.

Tercer muestreo lo llevamos a cabo el miércoles, cinco de marzo de 2008. Tomamos los puntos de muestreo en los límites de dos sub-estaciones de la Autoridad de

Energía Eléctrica (AEE) y otro punto lo establecimos frente a los terrenos de la Termoeléctrica de San Juan.

Punto 10: Llegamos al área del muestreo a las 3:37 de la tarde. Tomamos la coordenada del punto que se posiciona en la latitud $18^{\circ}26'112\text{N}$ y con la longitud $66^{\circ}7'999\text{O}$ (Tabla1). Tomamos las muestras en los límites de la Sub-estación de la AEE en la salida hacia Barrio Palmas de Cataño de la carretera PR 22, en dirección de San Juan a Arecibo. Registramos la temperatura que fue 26.67°C (80°F) y la elevación fue de 2 ft.

Punto 11: Fuimos al lugar del muestro a las 4:31 p.m. Tomamos la coordenada, del punto que se localiza en la latitud $18^{\circ}27'000\text{N}$ y la longitud $66^{\circ}8'304\text{O}$. Este punto se encuentra en la Sub-estación de AEE en la calle Laguna de la Urbanización Bay View. Registramos la temperatura que fue 26.67°C (80°F) y la elevación fue de 2 ft.

Punto 12: Nos presentamos a las 5:00 de la tarde en los terrenos entre la Termoeléctrica de San Juan y la carretera PR-28. Tomamos la coordenada que se encuentran en la latitud $18^{\circ}26'998\text{N}$ y la longitud $66^{\circ}9'814\text{O}$. Registramos la temperatura que fue 26.67°C (80°F) y la elevación fue de 0 ft.

Breve descripción del método 8082

El método 8082 de la EPA es usado por Beckton Environmental Laboratories, INC. para determinar las concentraciones de PCBs extraídos de matrices sólidas o líquidas, analizadas por un cromatógrafo de gas. Este método puede identificar los 8 congéneres más comunes de PCBs. Una descripción breve del método, la muestra se pesa y se extrae usando una mezcla de diclorometano:hexano de uno a uno. Luego de limpiar la muestra el extracto es analizado inyectando una alícuota al cromatógrafo de gas.

Análisis de datos

Los suelos con una concentración menor de 1 ppm de PCBs están considerados según la EPA como no peligrosos al ambiente. Una concentración mayor a 1 ppm está considerada como peligrosa al ambiente y debe ser reportado a la EPA para una evaluación y posible consideración para entrar a la lista de Superfondo (EPA, 2007).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo mostramos los resultados derivados del análisis de las muestras, que fueron recolectadas de la ciénaga Las Cucharillas para conocer la posible presencia y concentración de los PCBs. Además, los resultados los compararemos con los parámetros establecidos en la literatura científica y por las agencias reguladoras para determinar si hay riesgo al ambiente o a los residentes del área adyacente a la Ciénaga.

Comparación de los resultados de PCBs con los parámetros de suelo de las agencias reguladoras.

Los resultados obtenidos de los 12 puntos de muestreo que fueron analizados para los ocho congéneres de PCBs se presentan en la tabla 2. El promedio de los resultados de los 12 puntos de muestreo es de 0.052 mg/kg. El método de análisis 8082, utilizado para nuestra investigación establece un rango entre 0.057 a 0.070 mg/kg como el límite de detección mínimo (MDL, por sus siglas en inglés). Entre más clorado sea el congénere de PCB mayor es el MDL (EPA, 1996).

La ley federal TSCA (40 CFR §761) establece que los suelos con una concentración menor o igual de 1 miligramo de PCBs por cada kilogramo de suelo (1 mg/kg) no están regulados y no es necesario realizar una limpieza y/o remoción de PCBs del lugar. La guía de concentración riesgo de suelo (RBC por sus siglas en inglés) establece 0.32 mg/kg de PCBs como parámetro mínimo para áreas residenciales (EPA, 2005b). La guía para remediación preliminar (PRG, por sus siglas en inglés) nos indica que 6.3 mg/kg como el valor mínimo de exposición (EPA, 2005a). Además, el RBC y el

PRG nos indican que sobrepasar estos parámetros tendrá como posibles efectos a la salud de los seres humanos el desarrollo de cáncer.

La guía de evaluación de calidad de sedimentos (SQAG, por sus siglas en inglés) nos muestra el umbral mínimo específico de exposición (TEL por sus siglas en inglés) que es 0.0341 mg/kg, es decir, una dosis por debajo de la cual no ocurren efectos adversos. También mide los efectos probables (PEL, por sus siglas en inglés) de los PCBs que es de 0.277 mg/kg. Además, nos indican que el parámetro de efectos severo (SEL, por sus siglas en inglés) es de 5.300 mg/kg (MacDonald et al., 2002).

La EPA junto a United States Geological Survey (USGS, por sus siglas en inglés) establecen las concentraciones de efectos probables de PCBs en suelo de 0.676 mg/kg. La United States National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, por sus siglas en inglés) implantaron la guía de calidad de sedimentos. Esta guía nos presenta dos parámetros importantes, los efectos mínimos (ERL, por sus siglas en inglés) y los medianos (ERM, por sus siglas en inglés). El ERL es de 0.0277mg/kg y el ERM es de 0.180 mg/kg para los PCBs en los suelos (EPA, 2006).

La EPA establece la dosis de referencia (RfDs, por sus siglas en inglés), es la dosis que establece hasta donde los miembros más sensibles de la población pueden ser expuestos durante un período de vida completo (72 años) sin observarse efectos adversos sobre su salud. La EPA ha establecido RfDs para dos mezclas específicas de PCBs, Aroclor 1254, es de 0.02 µg de PCBs /kg peso corporal por día y de Aroclor 1016 es de 7×10^{-5} mg /kg/día (EPA, 1996a).

Los resultados para los 12 puntos de muestreo de nuestra investigación se reportan como no detectables, debido a que fueron iguales al límite de detección del instrumento que es 1 mg/kg. Los resultados numéricamente son diferentes debidos a la variación con el

peso que se utilizó de las muestras sólidas. Al comparar los resultados de las 12 muestras con los parámetros de las agencias reguladoras de PCBs en suelo, encontramos que las concentraciones de las muestras están por debajo de los valores máximos permisibles. En la tabla 3 se muestran el resumen de las concentraciones de PCBs totales (promedio de los 8 congéneres de PCBs) por muestra y en la figura 5 muestra la comparación de los resultados de las muestras con los estándares de suelo.

Los resultados de los 12 puntos de muestreo se compararon con los resultados obtenidos del estudio realizado en el Estuario de la Bahía de San Juan (Webb et al., 1998). Encontrando que las concentraciones encontrada de PCBs en la Ciénaga es considerablemente menores que en el Estuario. En dicho estudio reportan que en el Caño Martín Peña y en Los Corozos se encontraron concentraciones de PCBs de 0.45 mg/kg y de 0.36 mg/kg respectivamente para principios de la década de los '90. También indican que estas concentraciones se espera que decrezcan con el paso de los años, debido a que el uso de los PCBs se encuentra regulado y a la degradación microbiana.

Otro estudio se realizó en el Estuario para identificar la presencia de PCBs y otros contaminantes (Marrero, 2000). La investigación se realizó en la Laguna San José y en su tributario el Caño Martín Peña. Los investigadores encontraron concentraciones de PCBs de 0.664 ppb en el agua de ambos cuerpos de agua. Indican que en época de lluvia las concentraciones de PCBs aumentan, debido a que la manifestación atmosférica rompe con el equilibrio de la laguna, produciendo que las sustancias tóxicas adheridas a los sedimentos suspendidos en el fondo de la laguna, entren a la columna de agua y alteren el equilibrio de la laguna, produciendo que las sustancias tóxicas adheridas a los sedimentos suspendidos en el fondo de la laguna, entren a la columna de agua (Marrero, 1998).

Discusión de los resultados

Los resultados para los doce puntos de muestreo sobrepasaron el Límite de Efectos Umbrales (TEL, por sus siglas en inglés). El TEL son las concentraciones mínimas a las que las personas pueden estar expuestas y los posibles efectos biológicos adversos son raros. Al evaluar el impacto potencial a las comunidades adyacentes por exposición a PCBs se determina que es mínimo. Los organismos más susceptibles que los seres humanos pueden ser afectados, ya que los PCBs se bioacumulan y se biomagnifican. Además, si los PCBs entran en la cadena trófica paulatinamente podría exponer a las comunidades adyacentes. Es importante continuar realizando más investigaciones, en los cuerpos acuáticos, en la fauna y flora en la ciénaga Las Cucharillas para poder establecer si los PCBs presentan un riesgo ambiental.

Los resultados del análisis de PCBs para las muestras de suelo en la ciénaga Las Cucharilla son descritos como no detectables debido a varios sucesos. Una de las posibilidades es que la ciénaga no haya sido expuesta a los PCBs en contraste con Estuario de la Bahía de San Juan.

Los PCBs se adhieren a las partículas orgánicas que se encuentran en el suelo. Cuando llueve o hay inundaciones éstas partículas pueden moverse hacia los cuerpos de agua adyacentes. En la zona de estudio las inundaciones son frecuentes, permitiendo que los contaminantes de los suelos lleguen a los cuerpos de agua del lugar. Ya en el agua las partículas más pesadas se precipitan hacia los sedimentos acuáticos. En el agua las partículas orgánicas son ingeridas por micro-organismos y peces reproduciéndose a los niveles mayores de la cadena trófica. También las partículas en el suelo pueden moverse hacia suelo más profundos y llegar a las aguas subterráneas.

Los PCBs en los suelos de la ciénaga Las Cucharillas pudieron haber pasado por un proceso de biodegradación bacteriana. Este proceso se ha estudiado por los investigadores de la Universidad de Oklahoma que encontraron que 5 especies de árboles, que crecen naturalmente, contienen bacterias y microorganismos que ayudan a la degradación de los suelos contaminados con PCBs. Algunas de las especies de árboles son el Pinus Nigra y Salix Caprea (Leight et al., 2006). Además, en otras investigaciones se ha encontrado que la flora de los humedales pueden reducir el grado de cloración en suelos contaminados con PCBs (Smith, 2007). Es importante conocer que especies de árboles se encuentran en la ciénaga y si estos de alguna forma han colaborado con degradación de lo PCBs en el suelo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Este estudio se realizó con el propósito de determinar presencia y concentración de los PCBs en el suelo de la Ciénaga Las Cucharillas en Cataño, PR. Los PCBs son compuestos orgánicos persistentes y su estabilidad química ha contribuido a su uso industrial extenso. Esta resistencia inusual, más su tendencia a permanecer y acumularse en organismos vivos, genera que la presencia de PCBs en el ambiente sea una amplia gama de dispersión con múltiples efectos negativos. Los PCBs fueron usados por décadas como lubricantes y refrigerantes sin ser regulada su disposición al medio ambiente (ATSDR, 2005). Son un riesgo a la salud de los seres humanos y al ambiente.

La Ciénaga Las Cucharillas es el humedal más grande del Área Metropolitana. Sus características hidrológicas han conformado esta reserva como un importante hábitat de la fauna y flora endémica y exótica (UMET, 2007). Además, la Ciénaga ayuda a controlar las inundaciones, protegen las costas contra la erosión y las marejadas ocasionadas por tormentas. Es una zona importante para la educación e investigación científica y es usada para la recreación pasiva y actividades turísticas (USGS, 1999). Por lo tanto, es de suma importancia conocer los contaminantes que puedan afectar su uso y preservación del área.

Los resultados de los 12 puntos de muestreo del área de la Ciénaga resultaron ser iguales al límite de detección del instrumento, indicando que la presencia de PCBs posiblemente se encuentra en trazas y/o simplemente no se encuentran. Podemos concluir preliminarmente que el suelo de la ciénaga Las Cucharillas se encuentra bajos niveles de

PCBs lo cual no presenta un riesgo mayor al medioambiente o a las comunidades adyacentes.

Recomendaciones

Este estudio se realizó solamente en los suelos de la Ciénaga. Para caracterizar la zona y certificar que se encuentra libre de contaminación de PCBs, es recomendable realizar estudios de PCBs en los peces, aves, sedimentos acuáticos y aguas de la Ciénaga. Ésta investigación se podría ampliar, analizando más zonas de muestro. De esta manera se tendrían todos los elementos necesarios para determinar si los PCBs presentan un riesgo a ecosistema de la Ciénaga.

Es recomendable utilizar la nueva tecnología de los inmunoensayos RaPID Assay, distribuidos por Strategic Diagnostic Inc. Esta técnica se puede utilizar en el lugar del muestreo y es costo efectiva para múltiples muestreo También en el mercado se encuentra DEXSIL L2000X que es un detector de PCBs y cloruros orgánicos en transformadores, aceites, tierra, agua y superficies terrestre (Fish, 1990). Las limitaciones de este equipo es el límite de detección para análisis de suelo es de 2 ppm, una contaminación menor no la puede detectar.

Otras tecnologías disponibles para análisis de PCBs en suelos son los Kits Clor-N-Soil. Son análisis para que el personal de campo realice la prueba de detección de PCBs en menos de 10 minutos, sin necesidad de ningún equipo adicional o análisis de laboratorio complementario. El kit puede detectar la presencia de PCBs en cualquier tipo de suelos incluyendo arena, tierra, sedimentos, arcilla con un costo muy por debajo de los incurridos en análisis de laboratorio. Las limitaciones de este kit es que su límite de detección es de 50 ppm. Las tecnologías de detección de PCBs en el lugar de muestreo,

solamente detectan presencia. Sin embargo, el método de laboratorio EPA 8082 detecta presencia, concentración e identifica el congénere de PCBs.

Un método recomendable para una próxima investigación es la descrita por Buzitis, que han desarrollado un método para medir dioxina como los PCBs y otros congéneres en los sedimentos marinos (Buzitis, et al., 2006). El analito es extraído de los sedimentos por extracción sónica con diclorometano. Los compuestos que interfieren con los PCBs son separados utilizando una columna de limpieza del flujo por gravedad empacada con gel silica ácida, básica y neutral con un enjuague de 1:1 de hexano: pentano (V/V). Se utiliza Cromatografía Líquida de Gran Rendimiento (HPLC, por sus siglas en inglés) para determinar la presencia de las dioxinas como los congéneres PCBs, los PCBs noplanar y otros compuestos clorados (Krahn et al.,1991) Dos ventajas importantes de la Detección de Serie del Fotodiodo (PDA, por su sigla en inglés) sobre la detección con UV convencional son la habilidad de identificar el analito individual comparando sus espectro de UV con los estándares de referencia y la habilidad de establecer la homogeneidad espectral (la pureza) del analito comparando los espectros con el pico más alto del espectro (Ostrander, 2005). Además, los resultados del método de HPLC-PDA fueron comparado con la cromatografía de gas ambos, resultados fueron similares.

Además, se deben realizar estudios sobre otros contaminantes persistentes y sobretodo estudios bacteriológicos debido a la gran cantidad de aguas residuales que recibe la Ciénaga por la falta de alcantarillado sanitario de las comunidades adyacentes.

Limitaciones

Las limitaciones que tuvimos en este estudio fueron las siguientes:

- Disponibilidad de información - Después de días de búsqueda de trabajos investigativos realizados en Puerto Rico encontramos muy pocos documentos. La investigación la tuvimos que adaptar a PR de estudios realizados en Estados Unidos.
- Costo - Las muestras de suelos se llevaron a analizar a Beckton Environmental Laboratories Inc. en Ponce, PR. El análisis de PCBs en suelo es costoso. Esto fue un factor limitante para tomar muestreos adicionales.
- Tiempo – La recolección de muestra y el análisis de las mismas conlleva aproximadamente 3 semanas. En adición, analizar los resultado toma otro tiempo considerable. Esto provocó que no se hiciera más muestreo por el tiempo limitado para presentar este documento.

El hecho de no encontrar concentraciones significativas de PCBs en los suelo de la Ciénaga en nuestra investigación realizada, no debe limitar a futuras investigaciones a realizarse. Es deber de todos, estar alerta de preservar nuestros suelos y prevenir futuros asechos al ambiente que podría ir en contra del bienestar de nuestro país.

LITERATURA CITADA

- Allsopp, M. & Erry B. (2000). *Sustancias químicas más allá de su control*. Extraído agosto 30 de 2007. <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/sustancias-qu-micas-mas-alla-d>.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2000). *Bifelinos Policlorados (PCBs)* Extraído 29 de agosto de 2008. http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts17.html.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2005). *Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs)*. Extraído enero 18, 2008. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp17.html>.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2006). *What are PCBs?*. Extraído enero 18, 2008. <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/PCBs/index.html>.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2007). *Public Health Implications of exposure to PCBs*. Extraído enero 18, 2008. <http://www.atsdr.cdc.gov/DT/pcb007.html>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2008). *ToxFAQs Chemical Agent Briefing Sheets (PCBs)*. Extraído enero 18, 2008. <http://www.atsdr.cdc.gov/cabs/pcb/index.html>
- Bajarano, F. (2004). *Guía ciudadana para la aplicación del Convenio de Estocolmo*. 1ra edición. México:Fernando Bajarano.
- Barbalace, R. C. (2003). *The Chemistry of Polychlorinated Biphenyls*. Extraído diciembre 10, 2007, <http://environmentalchemistry.com/yogi/chemistry/pcb.html>
- Batista, C. (2005). *Plan de Manejo para la Reserva Natural la Ciénaga Las Cucharillas*. Disertación de tesis de maestría no publicada. Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, San Juan, PR
- Beiles, N. (2000). What Monsanto Knew? *The Nation*. p 18- 22, 29 de mayo.
- Buzitis, J., G. M. Ylitalo,& M. Krahn. (2006). Rapid method for determination of dioxin-like Polychlorinated Biphenyls and other congeners in marine sediments using sonic extraction and photodiode array detection. *Archive of Environmental Contamination and Toxicology*. 51:337-346.
- Cowardín, L. M., Carter, V., Golet, F.C. & LaRose, E. T. (1979). *Classification of wetland and deepwater habitats of the United State*: U.S. Fish and Wildlife Service Report FWS/OBS 79/31, 131p.

- Departamento de Educación de Puerto Rico. (2003). *Integración de la Educación Ambiental K-6to*. El humedal ciénaga Las Cucharillas. San Juan, PR. Publicaciones Puertorriqueñas.
- Drinker, C. K. (1937). The problem of possible systemic effects from certain chlorinated hydrocarbons. *The Journal of Industrial Hygiene and Toxicology*. 19:283-311.
- Estado Libre Asociado de Puerto Rico. (2003). Cámara de Representante Proyecto de la Cámara # 3705. 8 de mayo. Quinta Sección Ordinaria. Asamblea # 14.
- Erickson, M. D. (1997). *Analytical Chemistry of PCBs*. 2da edición. New York, Lewis Publishers.
- Evangelista de Duffard, A. M. (1997). Neurotoxicidad y comportamiento del Sistema Nervioso. *Revista de Divulgación y Tecnología de Asociación Ciencia Hoy*. 7:38-44. Extraído 20 de octubre de 2008. <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy38/neurot1.Htm>.
- Federal Register (1998). *40 CFR Parts 750 and 761 Disposal of Polychlorinated Biphenyls (PCBs); Final Rule*. Extraído 22 de abril de 2008. <http://www.thefederalregister.com/d.p/2008-05-19-E8-11177>
- Fish, S. (1990). *Alternative methods of PCB analysis*. Extraído abril 12, 2008. <http://www.dexsil.com>
- Fisher Associate Environmental Engineers Ltd. (2007). *FAQs about PCBs*. Extraído noviembre 1, 2007. <http://www.fisherenvironmental.com/>
- Francis, E. (1994). Conspiracy of Silence: The story of how three corporate giants Mosanto, GE and Westinghouse: covered their toxic trail. *Sierra Magazine*. 23:87-95.
- Gevao, B. M.U. Beg & A. Al-Omair. (2006). Spartial Distribution of Polychlorineted Biphenyls in Coastal Marine Sediments Receiving Industrial Effluent in Kuwait. *Archive of Environmental Contamination and Toxicology*. 50: 166-174.
- Greenpeace. (2007). *PCBs and liver damage*. Extraído octubre 10 de 2007 <http://www.Greenpeace.org/~toxics/tbg/tbg3.html>.
- Harracá, N. (2003). Normativas y respuestas para la eliminación de los bifelinos policlorados PCB. *Ambiente Ecológico*. 86:12-18.
- Henao, S. (2001). *Tratado Fundamental para el control y eliminación de contaminantes orgánicos persistentes (COP's)*. Manejo de Plagas (Costa Rica), sección Agromedicina. No. 62 pp. 92-95. <http://web.catie.ac.cr/informacion/Rmip/rev62/92-95.pdf>

- Kashem, M. A., (2000). *Trace elements concentration in sediment and some commercially important fishes and shell fishes of the Chittagong Coast, Bangladesh*. Extraído 23 de octubre de 2007. http://www.physics.harvard.edu/~wilson/arsenic/conferences/Ghosh1999_abstracts.html.
- Krahn, M., G. M. Ylitalo., J. Joss & S. L. Chan. (1991). Rapid, Semi quantitative screening of sediments for aromatic compounds using sonic extraction and HPLC/Fluorescence analysis. *Marine Environmental Research*. 31:175-196.
- Lara, P. A., A. Gómez & M. Petrovic. (2005). Distribución de contaminantes orgánicos en sedimentos costeros de la Bahía de Cádiz. *Ciencias Marinas*. 31(1B):203-212.
- Leigh, M. B., P. Prouzová & M. Macková. (2006). Polychlorinated Biphenyl (PCB)-degrading bacteria associated with trees in a PCB-Contaminated Site. *American Society for Microbiology*. 72(4):2331-2342.
- Lincoln. D. (1999). PCBs Pollution Problems. Extraído 23 de octubre de 2007. <http://members.aol.com/greenlite2/pcbhistory.html>
- López, D. (1999). *El ambiente y las leyes de Puerto Rico, lo que todos queremos*. San Juan. First Book Publishing of P.R.
- MacDonald, R., D. Mackay & B. Hickie (2002) Contaminant amplification in the environment. *Environmental Science Technology*: 36 (23) 457-462.
- Marrero, R., J. Norat & O. Rosario. (2000). *Análisis inmunoquímico para la detección de compuestos orgánicos tóxicos en aguas de la laguna San José: Estuario de la Bahía de San Juan, Puerto Rico*. Extraído 23 de abril de 2008. <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/REPDOM/marrero.pdf>.
- Marrero, R. (1998). *Chemical Analysis of Organic Pollutants in Sediments from a Tropical Estuary Lagoon in the Caribbean*. San Juan: University of Puerto Rico, Departamento de Salud Ambiental, Escuela Graduada de Salud Pública, Recinto de Ciencias Médicas.
- Martins, M. Ferreira, A. M. & Vale, C. (2005). PCB composition in flood material and sediments from the Guadiana River Estuary. *Ciencias Marina*. 31:285-291
- Montague. P. (1981). The History of PCBs. *Rachel's Environment & Health Weekly*, A publication of the Environmental Research Foundation 144:123-134.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2005). *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards: PCBs*. Extraído noviembre 14, 2007. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0125.html>

- Navia, T. (2001). *Análisis de la cantidad de Bifelinos Policlorados en las aguas del Lago Carraizo*. Disertación de tesis de maestría no publicada. Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, San Juan, PR.
- Neal, J. W., N. M. Bachelier & R. L. Noble (2005). The mystery of Dos Bocas reservoir, Puerto Rico: Explaining extreme special heterogeneity in largemouth bass distribution. *Caribbean Journal of Science* 41(4):804-814.
- Neumeier, G. (1998) *Toxicology and Health Impact of PCBs*. Extraído 24 de octubre de 2007. http://www.chem.unep.ch/pops/POPs_Inc/proceedings/slovenia/neumeier1.html
- Ortiz, J. C. (2003). *Determinación de Bifelinos Policlorado 1260 en suelos de Bayamón debido a cambios de transformadores de la Autoridad de Energía Eléctrica*. Disertación de tesis de maestría no publicada. Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, San Juan, PR.
- Ostrander, G. (2005). Improvements to high-performance liquid chromatography/Photo-diode array detection (HPLC) method that measures dioxin-like polychlorinated biphenyls and other selected organochlorines in marine biota. *Techniques in Aquatic Toxicology*. Vol.2 p 450-463.
- San Juan Bay Estuary Program. (2000). *Comprehensive Conservation and Management Plan: Water and Sediment Quality of SJBE*. Extraído octubre 14, 2007. http://www.estuario.org/html/plandemanejo_e.html.
- Santschi, P. H., B. J. Presley & Wade T. (2001). Historical contamination of PAHs, PCBs, DDTs, and heavy metals in Mississippi River Delta, Galveston Bay and Tampa Bay sediment cores. *Marine Environmental Research*. 52(1):51-79
- Smith, K. E., A. P. Schwab & M. K. Banks. (2007). Phytoremediation of polychlorinated biphenyls (PCBs) contaminated sediment: a greenhouse feasibility study. *Journal of Environmental Quality*. 36:239-244
- Smith, R. K. (1999). *Handbook of Environmental Analysis*. 3ra edición. New York. Genium Publishing Corporation.
- Sotomayor, C. J. (2007). *Evaluación de presencia de metales pesados en la ciénaga Las Cucharillas*. Disertación de tesis de maestría no publicada. Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, San Juan, PR.
- Strategic Diagnostics Inc. (2007). *RaPID Assay PCB Test Kit A00133/A00134*. Extraído abril 12, 2008. www.sdix.com/PDF/Products/A00133%20RA%20PCBs%20Users%20Guide%20Sep05.pdf.
- The National Law Journal. (1994). Monsanto Hit Big For PCB Liability. *The National Law Journal*. 10:17.

- Thomas, K.B. & Colborn, T. (1992). *Organochlorine Endocrine Disruptors in Human Tissue*. Princeton, N.J.: Princeton Scientific Publishing Co.
- Tilson, H.A. (1990). Polychlorinated Biphenyls and the Developing Nervous System: Cross-Species Comparisons. *Neurotoxicology and Teratology*. 12:239-248.
- Tokar, B. (1999). Monsanto: a checkered history. *Z Magazine*. 2(1): 23-26.
- Tryphonas. H. (1995). Immunotoxicity of PCBs in relation to the Great Lakes. *Environmental Health Perspectives*. 103 (9):35-46.
- Universidad Metropolitana. (2007). *Área de Planificación Especial y Reserva Natural de la Ciénaga Las Cucharillas*. Borrador de Vista Pública.
- U. S. Army Engineer Environmental Laboratory. (1978). *Preliminary guide to wetlands of Puerto Rico*. U. S. Army Engineer Environmental Waterways Experiment Station. Technical Report Y-78-3, 77p
- U. S. Geological Survey. (1999). *Puerto Rico Humedales*. Extraído septiembre 8, 2007. http://www.pr.water.usgs.gov/public/online_pubs/wsp_2425/wsp_2425es.pdf
- U.S. Environmental Protection Agency. (1996a). Method 8082a *Polychlorinated Biphenyls (PCBs)*. Extraído 20 de enero 2008. <http://www.epa.gov/testmethods/pdfs/8082a.pdf>
- U.S. Environmental Protection Agency. (1996b). Method SW-846 (3540C) *Extraction Techniques*. Extraído 20 de enero 2008. <http://www.epa.gov/sw-846/pdfs/3540c.pdf>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2001). *Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and you*. Region 10, Extraído octubre 12, 2007. [http://yosemite.epa.gov/r10/owcm.nsf/88fa11a23f885ef3882565000062d635/a9578719c73ad1de882569ed00782e89!](http://yosemite.epa.gov/r10/owcm.nsf/88fa11a23f885ef3882565000062d635/a9578719c73ad1de882569ed00782e89!OpenDocument) OpenDocument.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2005a). Preliminary Remediation Goals (PRGs) *residencial soil*. Extraído 20 de abril 2008. <http://www.epa.gov/region9/waste/sfund/prg/>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2005b). *RBC residencial soil*. Extraído abril 20, 2008. <http://www.epa.gov/reg3hscd/risk/human/info/cover.htm>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2006). *Great Lakes bionational toxics strategy management assessment for Polychlorinated Biphenyls*. Great Lakes National Program Office, Extraído abril 12, 2008. http://www.epa.gov/glnpo/bns/level1/Level1_PCBs_may06.pdf

- U.S. Environmental Protection Agency. (2007). *Polychlorinated Biphenyls (PCBs) id. Region 5*. Extraído octubre 24, 2008. <http://www.epa.gov/toxteam/pcb/defs.htm>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2007). Technical Factsheet on: *Polychlorinated Biphenyls (PCBs)*, Extraído octubre 24, 2008. <http://www.epa.gov/OGWDW/dwh/t-soc/pcbs.html>
- U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration. (2006). *Informe final de datos para el proyecto de muestreo bota en la isla de Vieques*. Extraído noviembre 16, 2007. http://www.response.restoration.noaa.gov/book_shelf/1261_ExecSumm_Spanish_060725.pdf
- Virella, A. (1999). Pestilencia insufrible en Cataño. *El Mundo*, p 4, 8 de enero.
- Webb, R. M., F. Gómez & S. McIntyre (1998, julio). Contaminants in sediments deposited in the San Juan Bay Estuary System (1925-95). *Tercer Simposio Internacional de Hidrologías Tropicales*. San Juan, Puerto Rico.
- Zack, J. A., & W. R. Gaffey. (1983). A mortality study of workers employed at the Monsanto Company Plant in Nitro, West Virginia. *Environmental Science Research*. 26:575-591.
- Zoest, V. & Eck, V. (1990). *Behaviour of particulate polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons in the Sheldt Estuary*. *Neth. J. Sea.*, 26:89-96.998.

TABLAS

Tabla 1

Localización de los puntos de muestreo

Zona	Latitud	Longitud
Punto 1	18°25'37.1N	66°07'74.0W
Punto 2	18°25'89.4N	66°08'22.1W
Punto 3	18°26'04.6N	66°07'92.2W
Punto 4	18°26'83.7N	66°08'20.7W
Punto 5	18°27'77.0N	66°08'39.6W
Punto 6	18°26'99.9N	66°09'81.5W
Punto 7	18°26'99.8N	66°09'81.4W
Punto 8	18°26'35.4N	66°09'06.5W
Punto 9	18°26'31.9N	66°09'04.5W
Punto 10	18°26'11.2N	66°07'99.9W
Punto 11	18°27'00.0N	66°08'30.4W
Punto 12	18°26'99.9N	66°08'30.5W

Tabla 2

Descripción de las áreas de muestreo

Zona	Descripción del área
Punto 1	Caño la Malaria debajo del puente de la PR-22
Punto 2	Barrio Juana Matos colindancia con Valparaíso y Puente Blanco
Punto 3	Entre Andrés Reyes Burgos INC. y el Residencial Juana Matos
Punto 4	Caño La Malaria Urbanización Bay View
Punto 5	Desembocadura del Antiguo Cauce del Río Bayamón
Punto 6	Desembocadura del Río Bayamón Sector la Ermita
Punto 7	Frente a la Termoeléctrica de Palo Seco
Punto 8	Detrás de las parcelas William Fuerte, cerca de la sub-estación de energía
Punto 9	Entrada al Proyecto el Yaguazo
Punto 10	Barrio Las Vegas en la salida de la PR-22 Sub-estación de energía
Punto 11	Sector Bay View en la calle Laguna Sub-estación de energía
Punto 12	Frente a la Termoeléctrica de San Juan

Tabla 3

Resultados de los puntos de muestreo para PCBs totales en la Ciénaga Las Cucharillas

Punto de muestreo	Concentración PCBs totales mg/kg
1	0.044
2	0.043
3	0.045
4	0.044
5	0.052
6	0.049
7	0.047
8	0.047
9	0.092
10	0.055
11	0.052
12	0.054

Tabla 4

Congéneres de PCBs analizados

Congéneres de PCBs analizados	Por ciento de cloro
1016	54
1221	21
1232	32
1242	42
1248	48
1254	54
1260	60
1262	61.5 – 62.5

(ATSDR, 2007)

FIGURAS

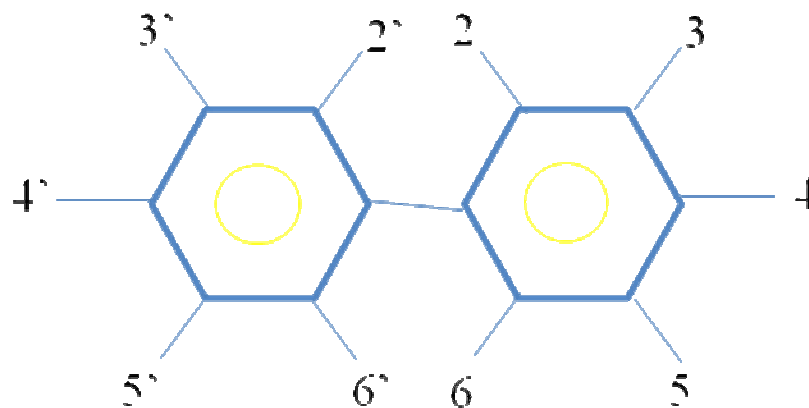


Figura 1. Estructura molecular tridimensional de los Bifelinos Policlorados (PCBs).
Estructura general $C_{12} H_{10-n} Cl_n$ donde n representa la cantidad de cloro.

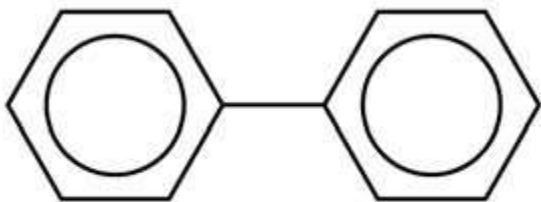


Figura 2. Estructura molecular plana $C_{12} H_{10-n} Cl_n$ donde n representa la cantidad de cloro.

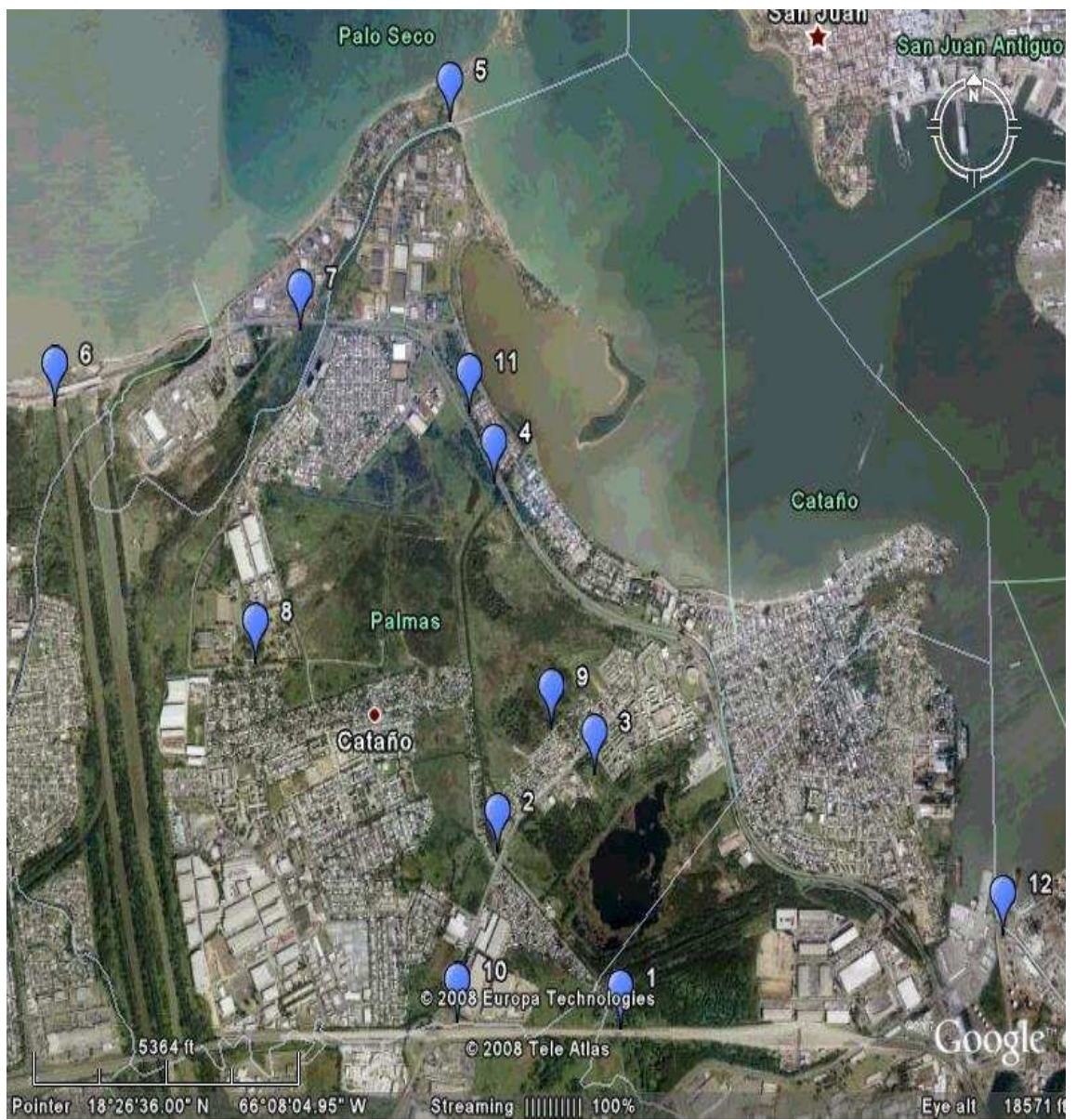


Figura 3. Mapa de la zona de muestreo en Cataño

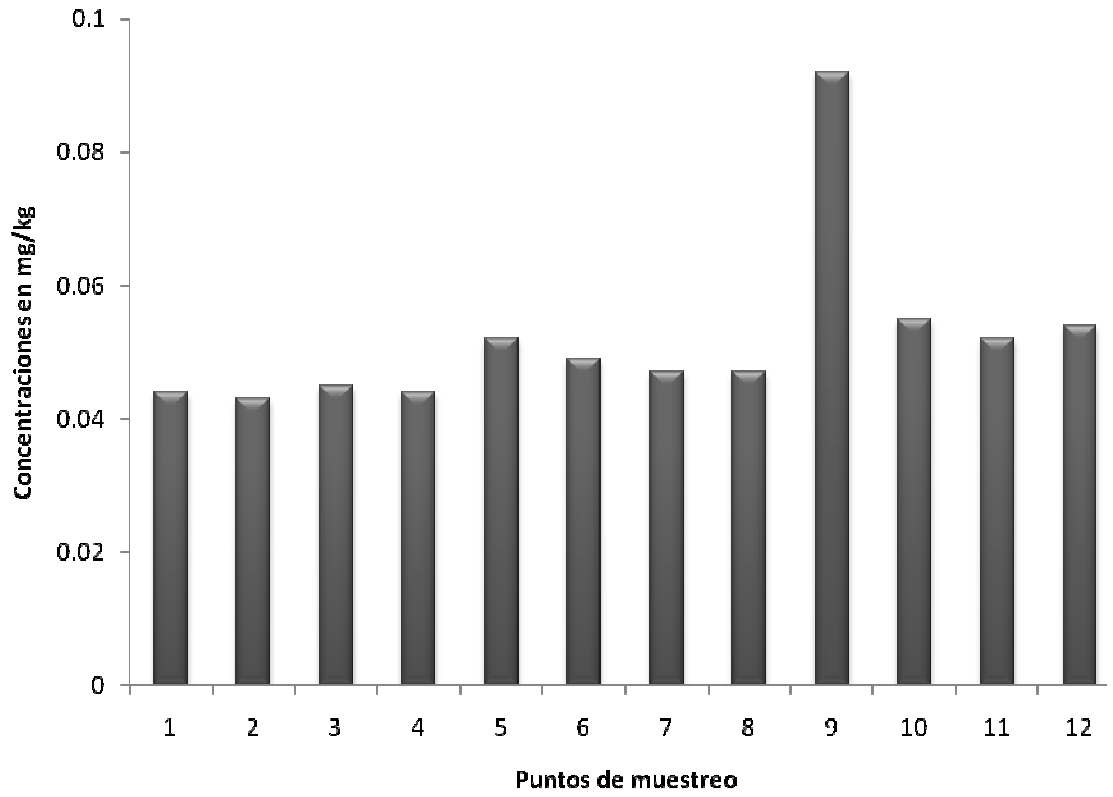
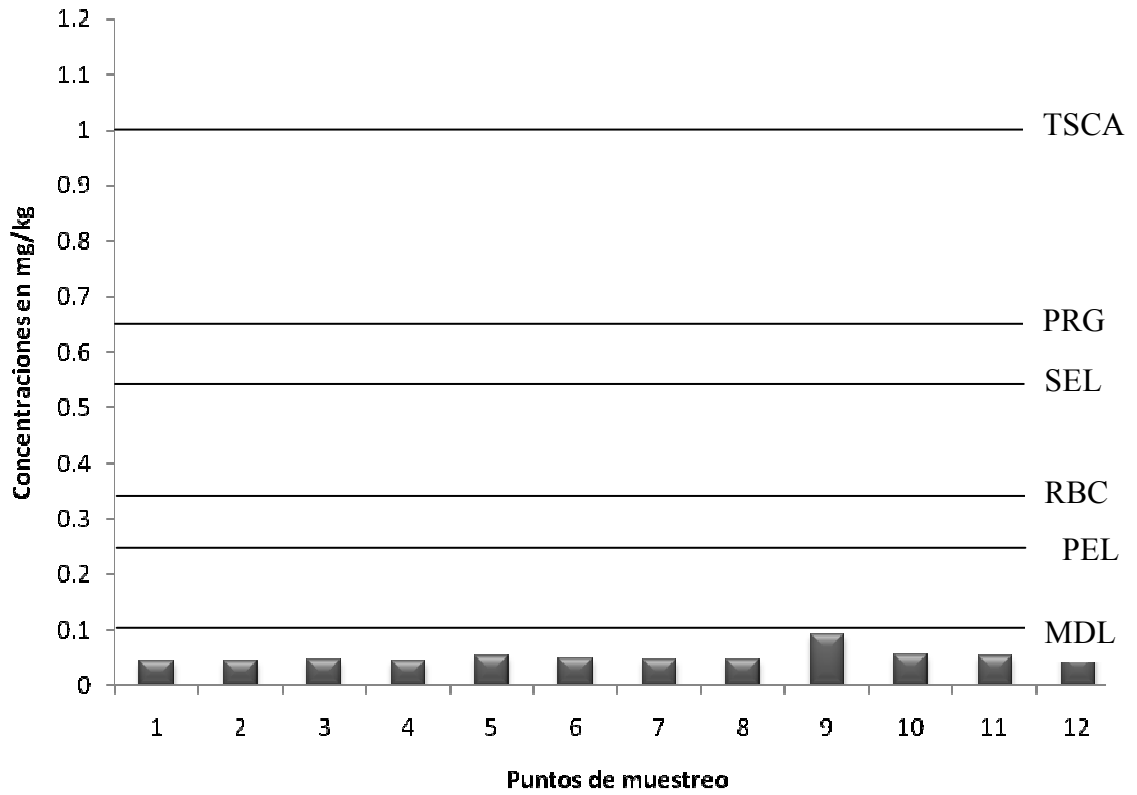


Figura 4. Resultados de PCBs para los puntos de muestreo



TSCA: Toxic Substance Control Act
 PRG: Preliminary Remediation Goals
 SEL: Severe Effect Level

RBC: Risk-based Concentrations
 PEL: Probable Effect Level
 MDL: Minimum Detect Limit

Figura 5. Comparación de los resultados de los puntos de muestreo con las guías de de suelo para PCBs

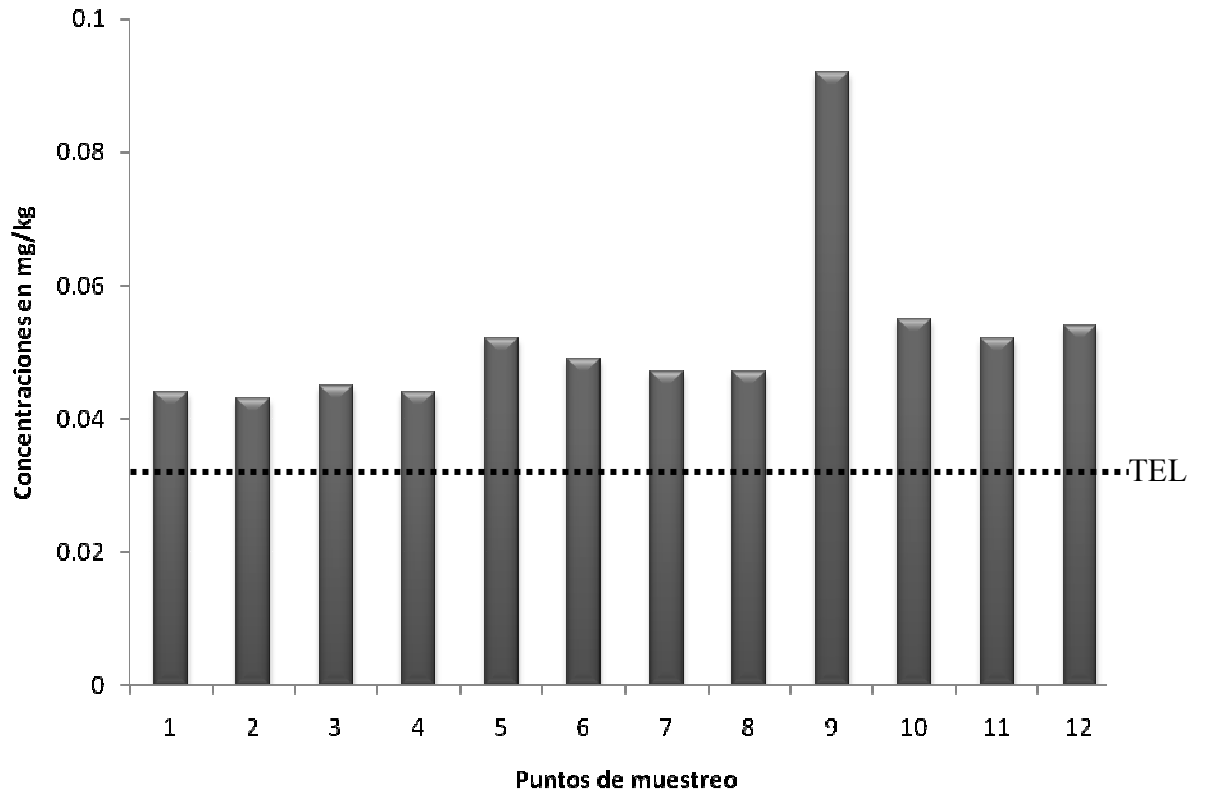
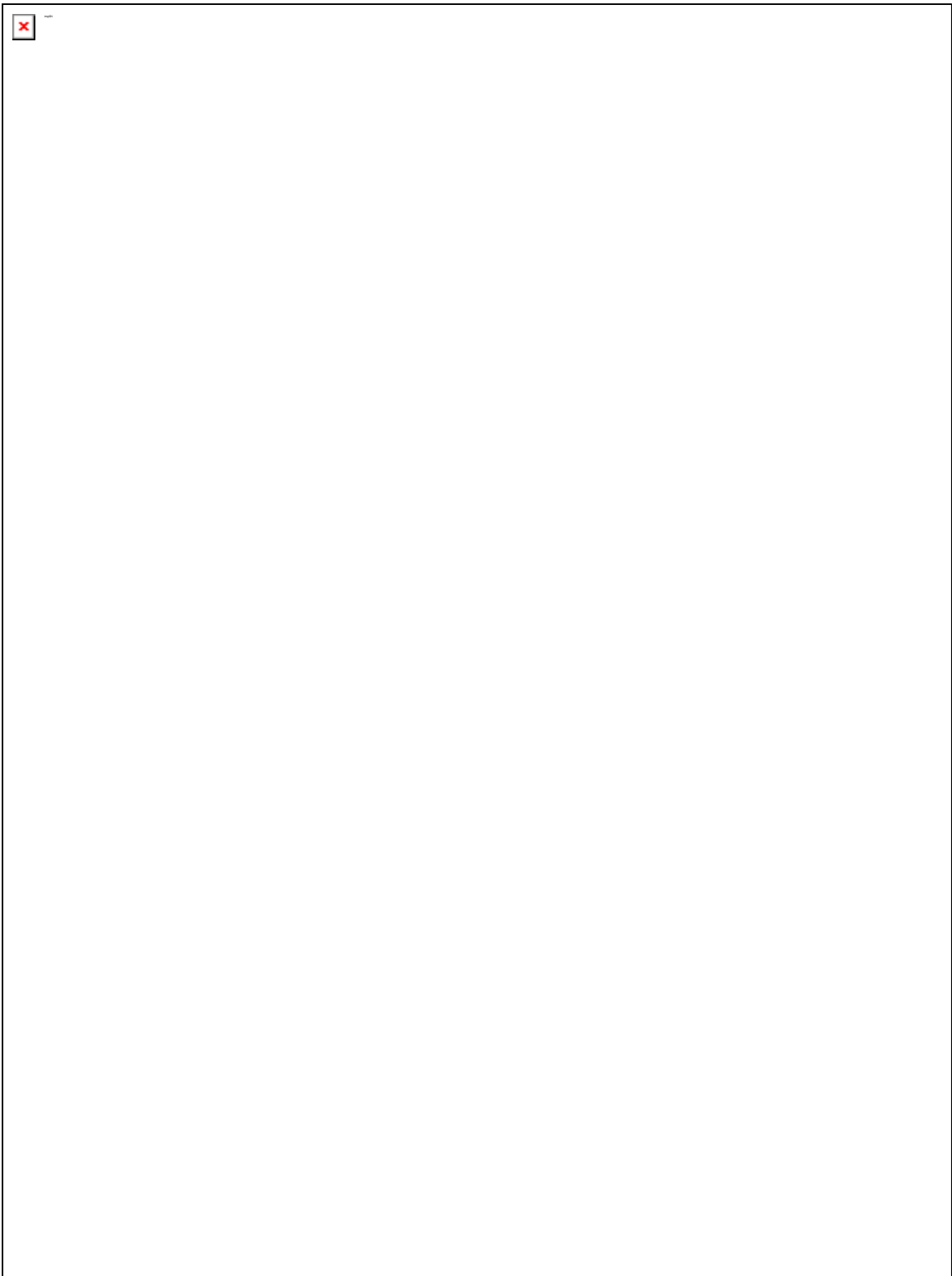
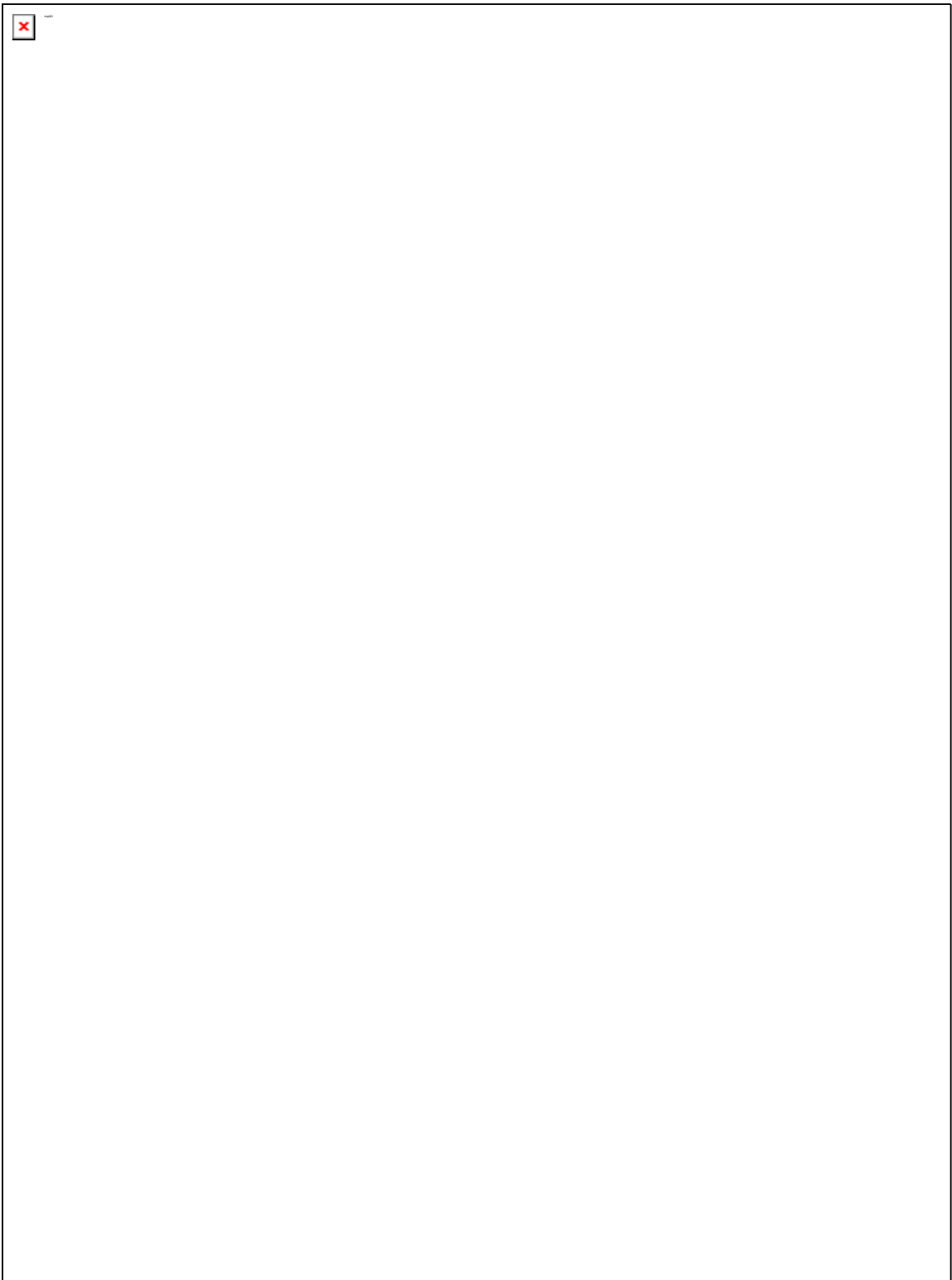


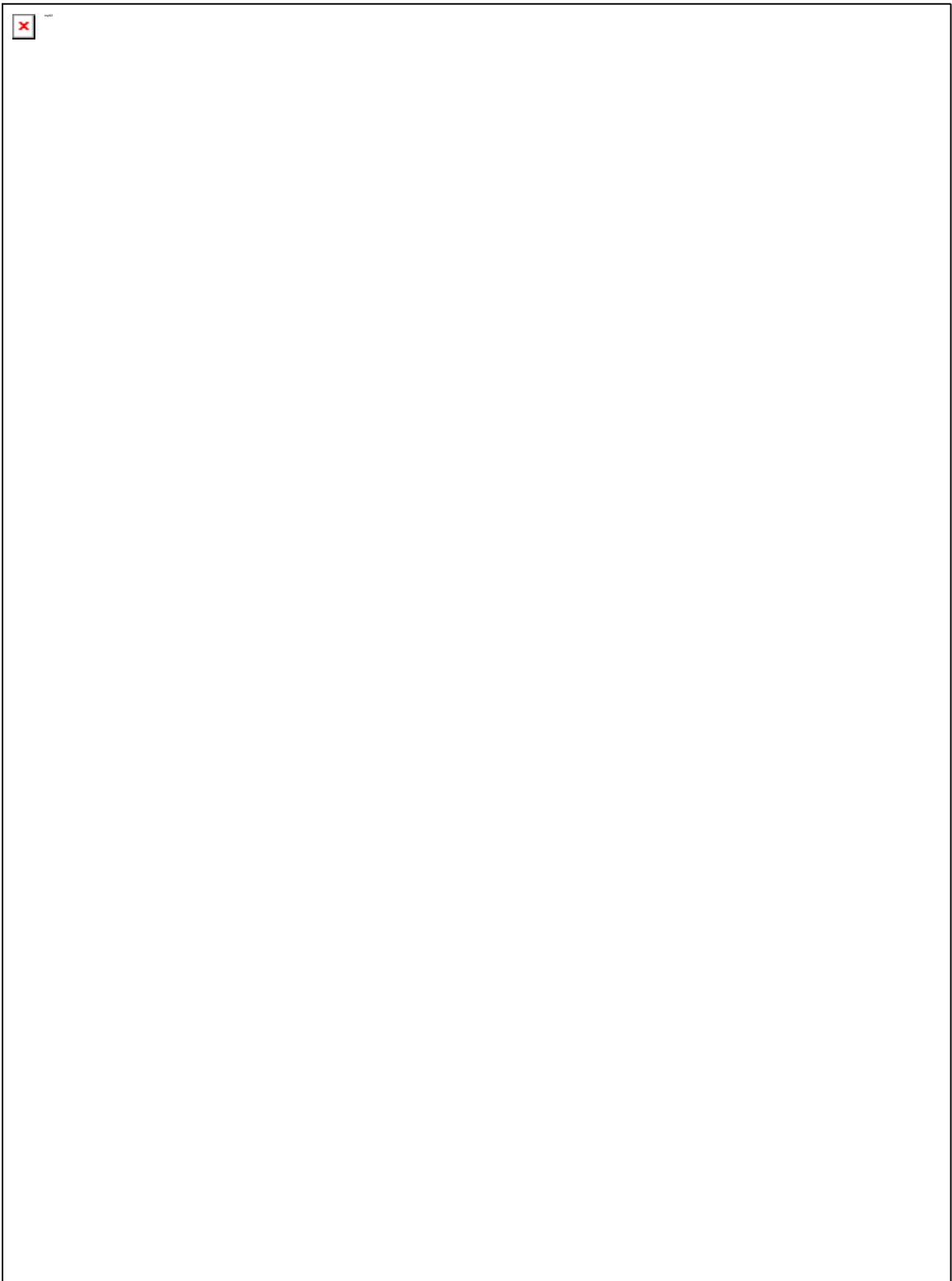
Figura 6. Comparación del análisis de PCBs con el límite umbral (TEL)

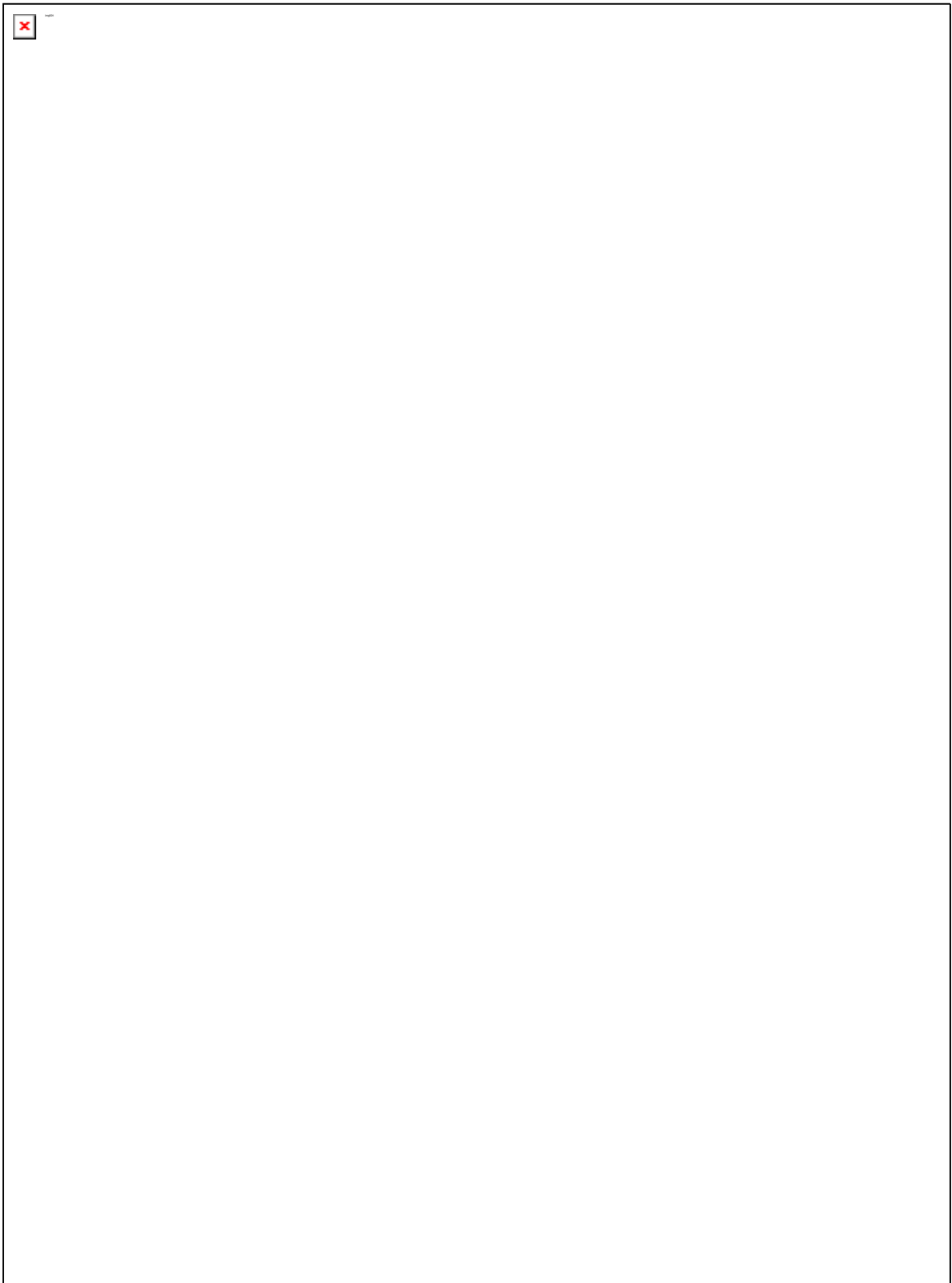
APÉNDICES

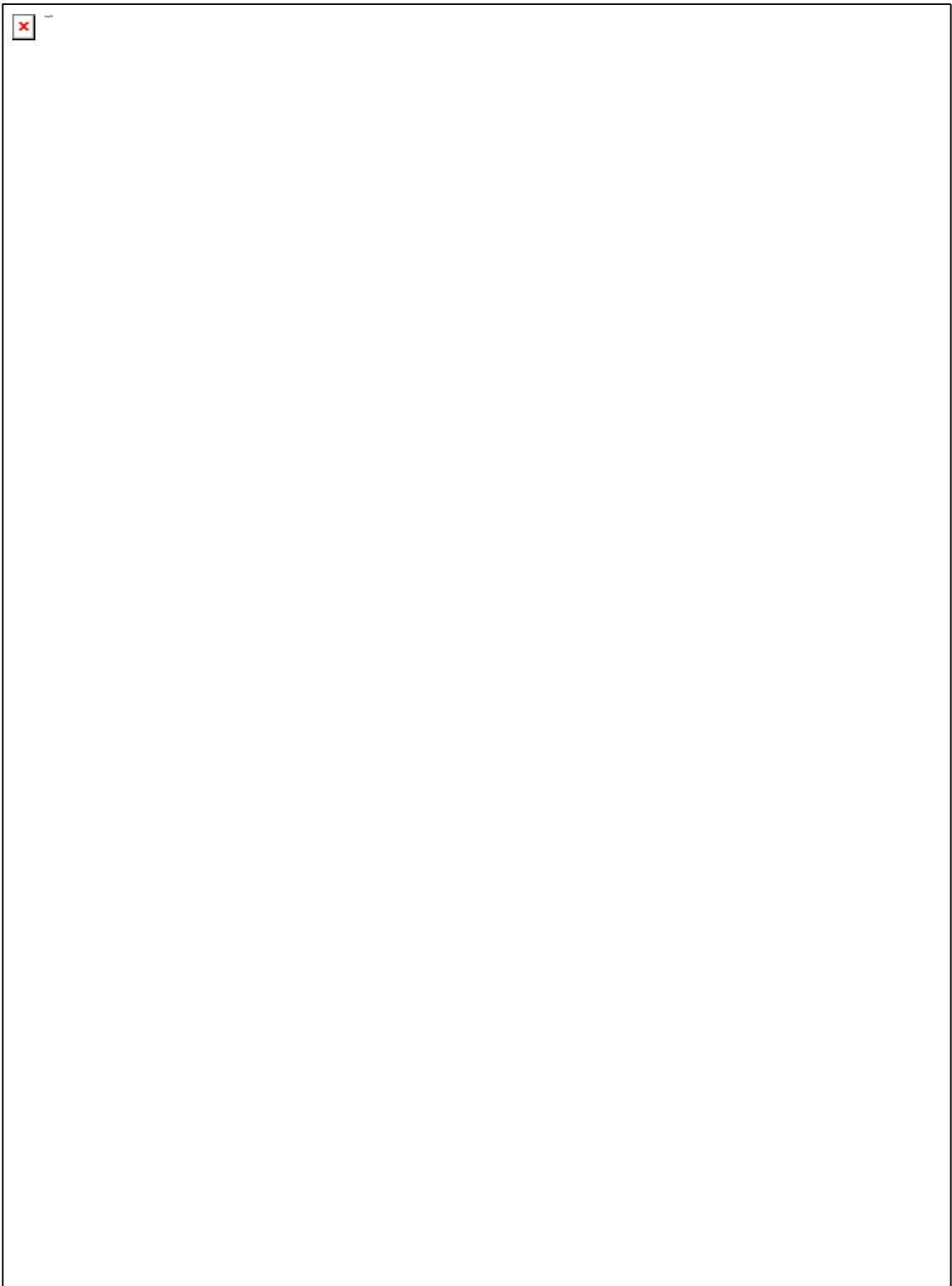
APÉNDICE 1: CADENAS DE CUSTODIA

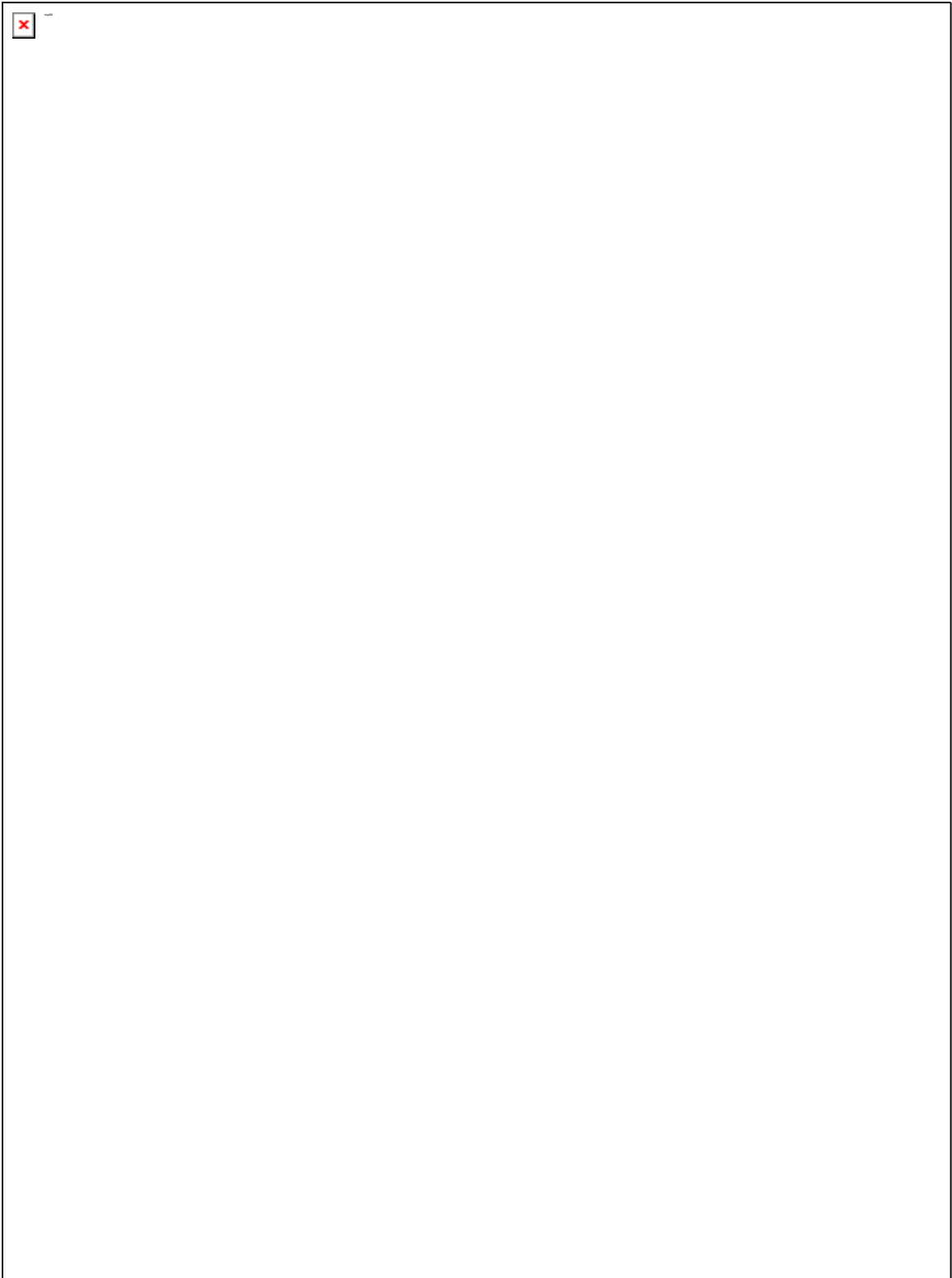












CHAIN OF CUSTODY RECORD

REVISION 2003

PROJECT NO.	COMPANY <i>Joanne Negrón</i>	SAMPLER <i>Joanne Negrón</i>
SAMPLE LOCATION/CLIENT ID	<i>Palo Seco 7</i>	TIME <i>3:02</i>
SAMPLE DATE	<i>3/marzo/08</i>	BEL. NO. <i>0801336</i>
		CONTROL NO. <i>127297</i>

1. General Environmental:

VSS ()	Alkalinity ()	Sampling Witness: _____
Acidity ()	Bicarbonate ()	Date/Time: _____
Ammonia as N ()	Bromide ()	Relinquished by: _____
BOD-5 ()	Chlorine, Res. ()	<i>Joanne Negrón</i>
Chloride ()	Color (ADMI) ()	Date/Time: <i>3/6/marzo/08 2:14pm</i>
COD ()	Color (Pt-Co) ()	Received by: _____
Conductivity ()	Cyanide ()	<i>Dwight Bustin</i>
Dissolved Oxygen ()	Fluoride ()	Date/Time: <i>3/6/08 2:14pm</i>
Hardness ()	Iodide ()	Relinquished by: _____
Moisture % ()	Nitrate ()	Date/Time: _____
Nitrite ()	Nitrate + Nitrite ()	Received by: _____
Oil+Grease ()	pH ()	Date/Time: _____
Phenol ()	Phosphate, Ortho ()	Received by: _____
Phosphorus, Total ()	Sett. Solids mL/L ()	Date/Time: _____
Sett Solids mg/L ()	Solids, Total ()	Received by: _____
Sulfate ()	Sulfide ()	Date/Time: _____
Sulfite ()	Surfactant ()	Received by: _____
TDS ()	TSS ()	Date/Time: _____
Temperature ()	TKN ()	Received by: _____
TOC ()	Turbidity ()	Date/Time: _____
Asbestos in Air ()	Carbonate ()	Received by: _____
TVS ()		Date/Time: _____
Total Nitrogen ()		Matrix: _____

2. Metals:

Aluminum (Al) ()	Cadmium (Cd) ()	air () water () sludge ()
Chromium (Cr) ()	Copper (Cu) ()	liquid () soil () solid ()
Iron (Fe) ()	Lead (Pb) ()	oil () mixed () other ()
Manganese (Mn) ()	Mercury (Hg) ()	Specify: _____
Nickel (Ni) ()	Selenium (Se) ()	Sample type legend:
Silver (Ag) ()	Tin (Sn) ()	grab samples x
Zinc (Zn) ()	Arsenic (As) ()	composite samples xx
Barium (Ba) ()	Boron (B) ()	Turnaround time:
Antimony (Sb) ()	Beryllium (Be) ()	1 day ()
Bismuth (Bi) ()	Calcium (Ca) ()	2 days ()
Chromium, VI (CrVI) ()	Cobalt (Co) ()	3 days ()
Magnesium (Mg) ()	Molybdenum (Mo) ()	5 days ()
Potassium (K) ()	Silicon (Si) ()	Sampling Equipment:
Sodium (Na) ()	Strontium (Sr) ()	Automatic Sampler ()
Thallium (Tl) ()	Titanium (Ti) ()	Sample Pick Up ()
Vanadium (V) ()	Lithium (Li) ()	

3. RCRA/Hazardous wastes

Ignitability (Flash Pt.) ()	Corrosivity ()
Reactivity (CN & S) ()	TCLP ()
RCRA Metals ()	Organics-Pest/Herb ()
Organics-BNA ()	Organics-VOA ()
TOX ()	

4. Specific Organics

Volatiles ()	Phenols GC ()
Pesticides/PCB's ()	Semi-Volatiles (BNA) ()
Herbicides ()	PCB's Only ()
BTEX ()	TPH 418.1 ()
TTO & Dioxin ()	TTO ()
	TPH 8015 ()
	Lindane ()

5. Microbiology

Fecal Coliform ()	Total Coliform ()
--------------------	--------------------

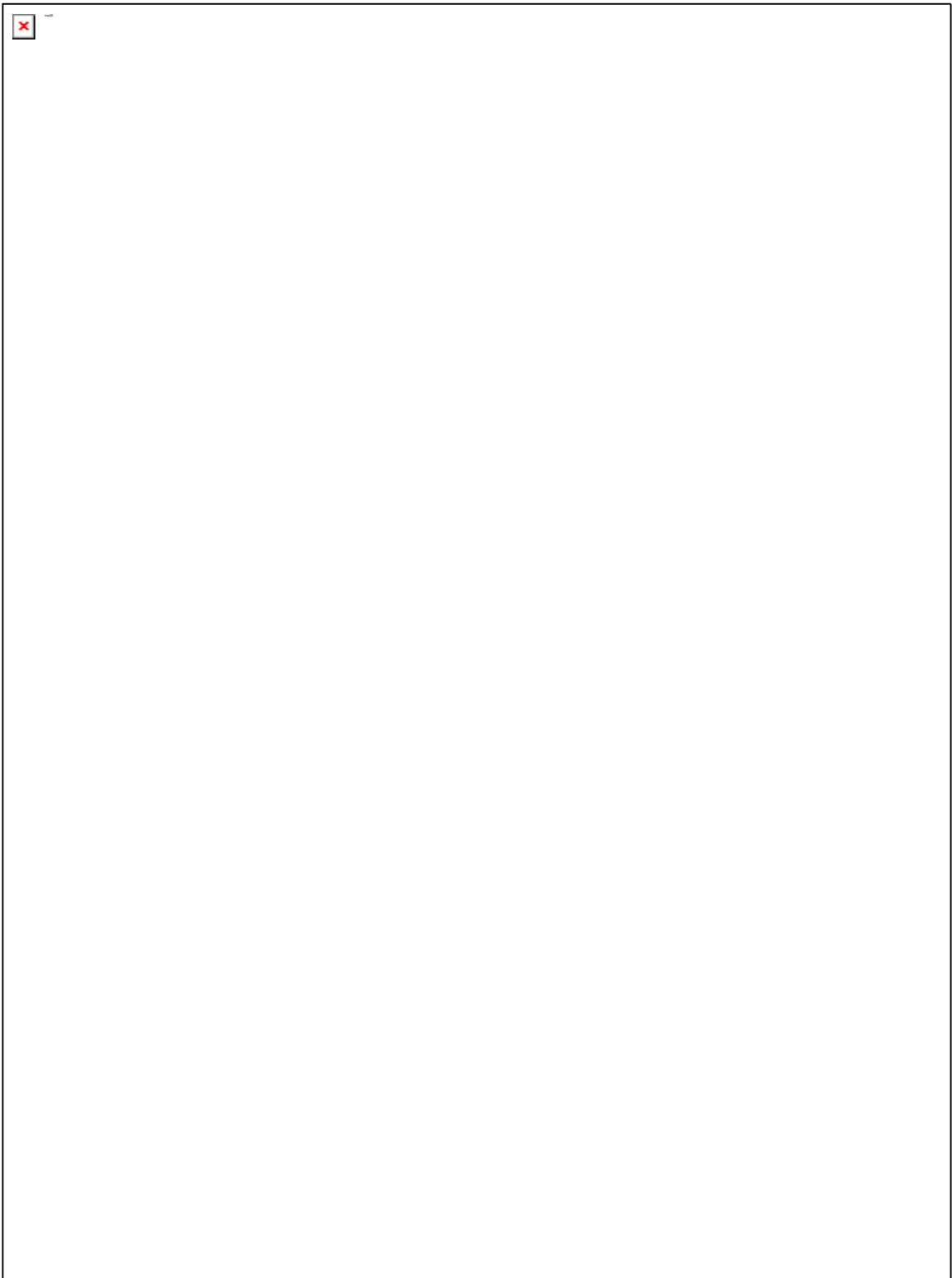
Note: normal turnaround time is ten (10) working days; additional charges apply for rush orders.

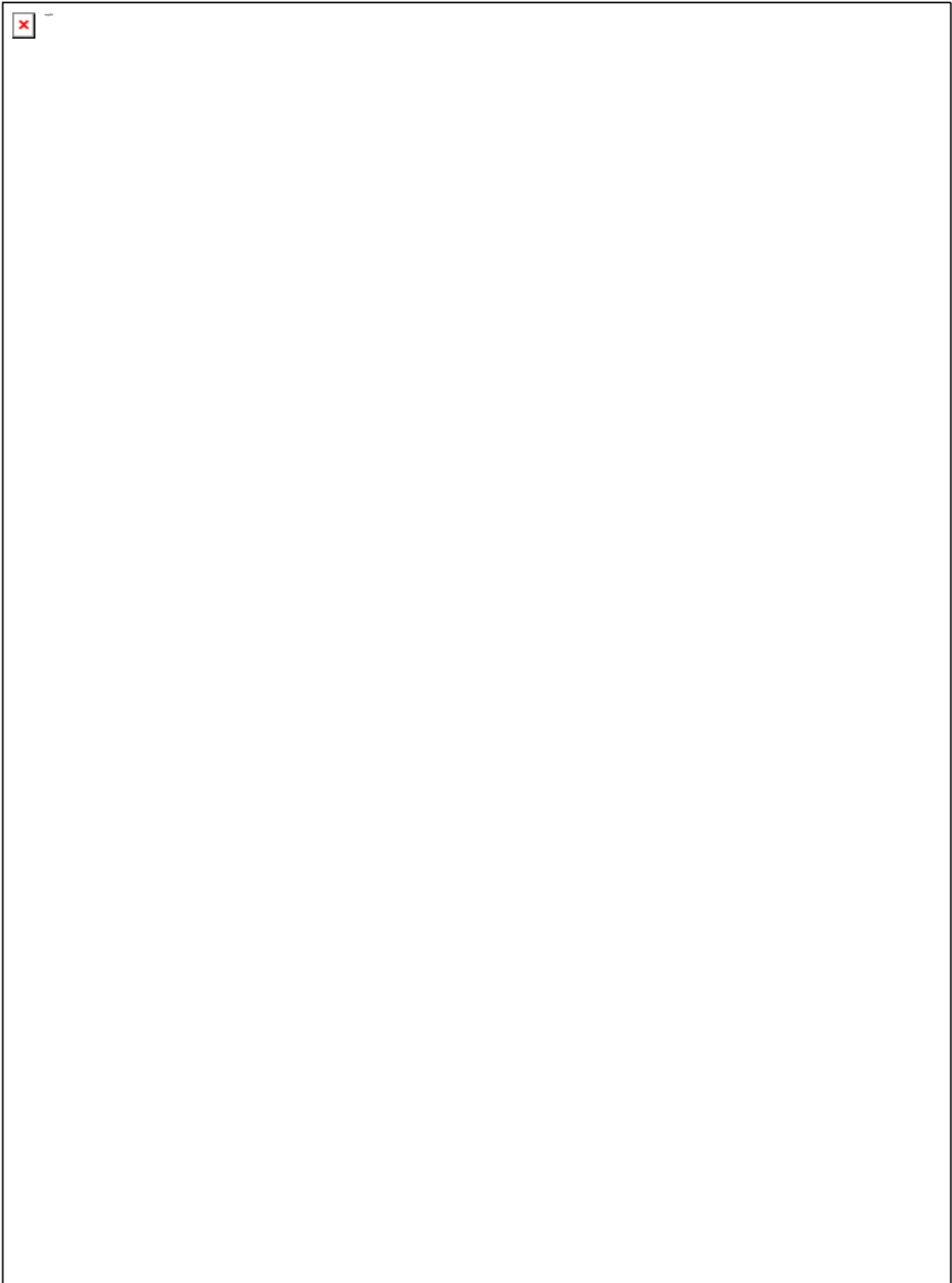
Comments: _____

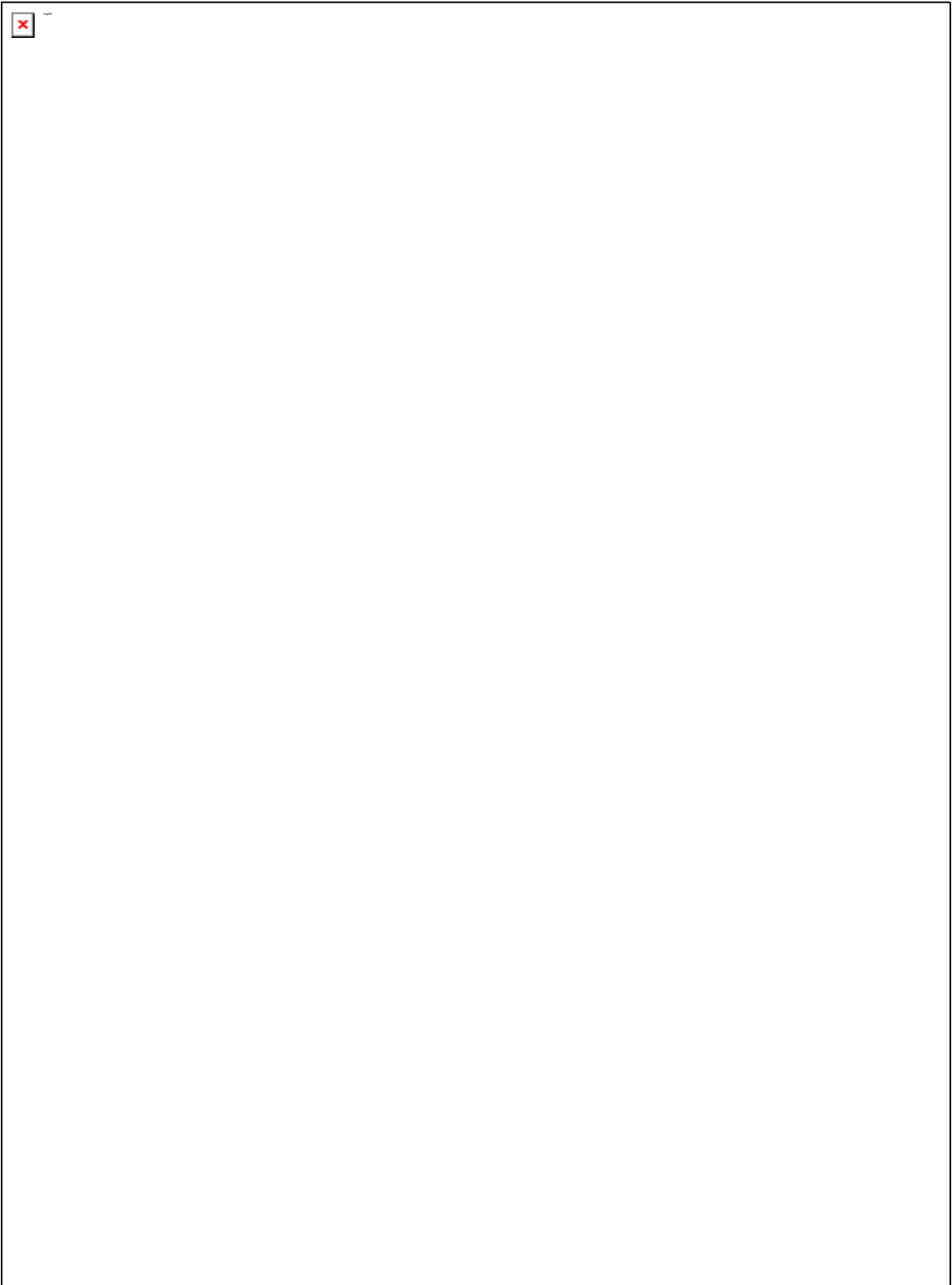
BECKTON ENVIRONMENTAL LABORATORIES
192 Villa Street • Ponce, P.R. 00730-4875
Tel. 787-841-7373 • Fax 787-841-7313

Carimad Printing • 708 Calle Ferrocarril Suite 101 • Tel. 787-841-3066 / Fax 787-842-7028

Original







CHAIN OF CUSTODY RECORD

REVISION 2003

PROJECT NO.	COMPANY	SAMPLER	
	Joanne Negrin	Joanne Negrin	
SAMPLE LOCATION/CLIENT ID	TIME	CONTROL NO.	
Bay View 11	4:31 pm	127301	
SAMPLE DATE	BEL. NO.		
5/marzo/08	0801340		

1. General Environmental:

VSS ()	Alkalinity ()	Sampling Witness: _____
Acidity ()	Bicarbonate ()	Date/Time: _____
Ammonia as N ()	Bromide ()	Relinquished by: _____
BOD-5 ()	Chlorine, Res. ()	Joanne Negrin
Chloride ()	Color (ADMI) ()	Date/Time: 6/marzo/08 2:15pm
COD ()	Color (Pt-Co) ()	Received by: _____
Conductivity ()	Cyanide ()	Rosette Brasier
Dissolved Oxygen ()	Fluoride ()	Date/Time: 3/6/08 2:15pm
Hardness ()	Iodide ()	Relinquished by: _____
Moisture % ()	Nitrate ()	Date/Time: _____
Nitrite ()	Nitrite + Nitrate ()	Received by: _____
Oil+Grease ()	pH ()	Date/Time: _____
Phenol ()	Phosphate, Ortho ()	Matrix: _____
Phosphorus, Total ()	Sett. Solids mL/L ()	air () water () sludge ()
Sett Solids mg/L ()	Solids, Total ()	liquid () soil () solid ()
Sulfate ()	Sulfide ()	oil () mixed () other ()
Sulfite ()	Surfactant ()	Specify: _____
TDS ()	TSS ()	Sample type legend:
Temperature ()	TKN ()	grab samples x
TOC ()	Turbidity ()	composite samples xx
Asbestos in Air ()	Carbonate ()	Turnaround time: _____
TVS ()		Sampling Equipment: _____

2. Metals:

Aluminum (Al) ()	Cadmium (Cd) ()	1 day ()
Chromium (Cr) ()	Copper (Cu) ()	2 days ()
Iron (Fe) ()	Lead (Pb) ()	3 days ()
Manganese (Mn) ()	Mercury (Hg) ()	5 days ()
Nickel (Ni) ()	Selenium (Se) ()	
Silver (Ag) ()	Tin (Sn) ()	
Zinc (Zn) ()	Arsenic (As) ()	
Barium (Ba) ()	Boron (B) ()	
Antimony (Sb) ()	Beryllium (Be) ()	
Bismuth (Bi) ()	Calcium (Ca) ()	
Chromium, VI (CrVI) ()	Cobalt (Co) ()	
Magnesium (Mg) ()	Molybdenum (Mo) ()	
Potassium (K) ()	Silicon (Si) ()	
Sodium (Na) ()	Strontium (Sr) ()	
Thallium (Tl) ()	Titanium (Ti) ()	
Vanadium (V) ()	Lithium (Li) ()	

3. RCRA/Hazardous wastes

Ignitability (Flash Pt.) ()	Corrosivity ()	
Reactivity (CN & S) ()	TCLP ()	
RCRA Metals ()	Organics-Pest/Herb ()	
Organics-BNA ()	Organics-VOA ()	
TOX ()		

4. Specific Organics

Volatiles ()	Phenols GC ()	
Pesticides/PCB's ()	Semi-Volatiles (BNA) ()	
Herbicides ()	PCB's Only ()	
BTEX ()	TPH 418.1 ()	
TTO & Dioxin ()	TTO ()	
	TPH 8015 ()	
	Lindane ()	

5. Microbiology

Fecal Coliform ()	Total Coliform ()	
--------------------	--------------------	--

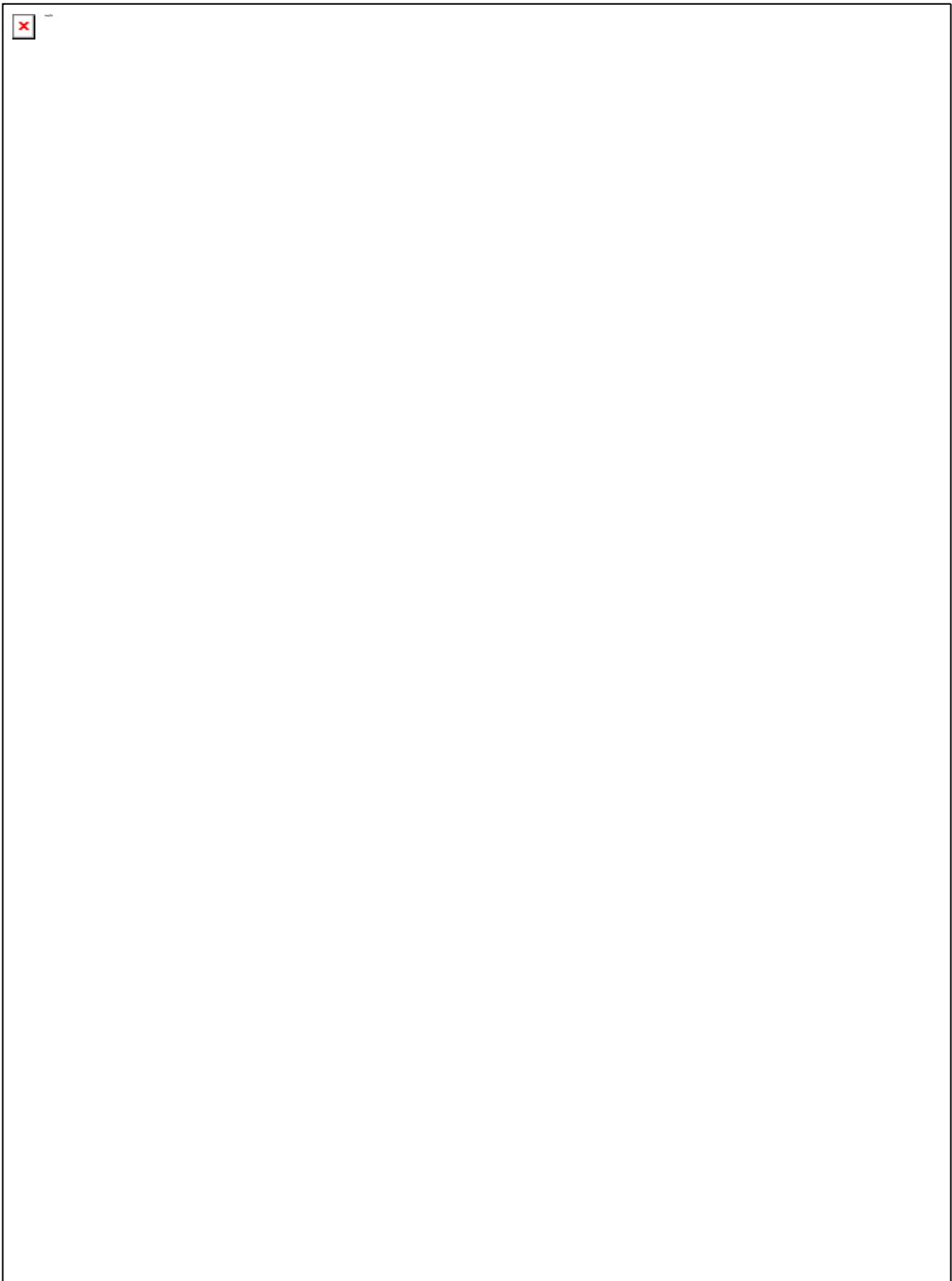
Note: normal turnaround time is ten (10) working days; additional charges apply for rush orders.

BECKTON ENVIRONMENTAL LABORATORIES
 192 Villa Street • Ponce, P.R. 00730-4875
 Tel. 787-841-7373 • Fax 787-841-7313

Comments: _____

Carlmad Printing • 708 Calle Ferrocarril Suite 101 • Tel. 787-841-3066 / Fax 787-842-7028

Original



**APÉNDICE 2: RESULTADOS DE LOS 12 PUNTOS DE MUESTREO POR
BECKTON LABORATORIES INC.**



ANALYSIS REPORT
PAGE 2 OF 4

SAMPLE ID: BEL-0801330 TO BEL-0801341

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP/KH

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801332	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045

NOTE: Results in dry weight basis

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801333	<0.044	<0.044	<0.044	<0.044	<0.044	<0.044	<0.044	<0.044

NOTE: Results in dry weight basis

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801334	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052

NOTE: Results in dry weight basis

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801335	<0.049	<0.049	<0.049	<0.049	<0.049	<0.049	<0.049	<0.049

NOTE: Results in dry weight basis

ANALYSIS REPORT
PAGE 3 OF 4

SAMPLE ID: BEL-0801330 TO BEL-0801341

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801336	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047

NOTE: Results in dry weight basis

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801337	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047

NOTE: Results in dry weight basis

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801338	<0.092	<0.092	<0.092	<0.092	<0.092	<0.092	<0.092	<0.092

NOTE: Results in dry weight basis

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801339	<0.055	<0.055	<0.055	<0.055	<0.055	<0.055	<0.055	<0.055

NOTE: Results in dry weight basis

ANALYSIS REPORT
PAGE 4 OF 4

SAMPLE ID: BEL-0801330 TO BEL-0801341

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801340	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052	<0.052

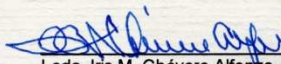
NOTE: Results in dry weight basis

DATE EXTRACTED: 03/07/08
DATE ANALYZED: 03/13/08
ANALYST: GP

PCB's (SW 846-8082) Units: mg/kg								
SAMPLE	PCB-1016	PCB-1221	PCB-1232	PCB-1242	PCB-1248	PCB-1254	PCB-1260	PCB-1262
BEL-0801341	<0.054	<0.054	<0.054	<0.054	<0.054	<0.054	<0.054	<0.054

NOTE: Results in dry weight basis

Certification and release of the data contained in this Report of Analysis has been authorized by the Laboratory Manager or the Manager's Designee.


Lcda. Iris M. Chévere Alfonzo
Laboratory Director
Chemist License 2370

