

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Maestría en Ciencias de la Ingeniería

Mención en Ambiente

*Propuesta de políticas de gestión para sitios contaminados  
Estudio de Caso: Lote Santa Elena, en Cartagena, Colombia.*

Lic. Carolina V. Boaglio Toniolo

Autora

PhD. Ing. Alberto Uribe Jongbloed

Director

Bogotá D.C., Noviembre de 2017



*Propuesta de políticas de gestión para sitios contaminados  
Estudio de Caso: Lote Santa Elena, en Cartagena, Colombia.*

Por

Lic. Carolina V. Boaglio Toniolo

PhD. Ing. Alberto Uribe Jongbloed

Director

Esta Tesis fue enviada a la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba para cumplimentar los requerimientos de obtención del grado académico de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Bogotá D.C., Colombia. Noviembre de 2017.

*Propuesta de políticas de gestión para sitios contaminados*  
*Estudio de Caso: Lote Santa Elena, en Cartagena, Colombia.*

*Aprobado por:*

Evaluador 1

Evaluador 2

Evaluador 3

Fecha de Aprobación:



## *Propuesta de políticas de gestión para sitios contaminados*

### *Estudio de Caso: Lote Santa Elena, en Cartagena, Colombia.*

#### RESUMEN

En la década de 1940 el uso de pesticidas tuvo un gran crecimiento en países con historia agrícola. A raíz de las prácticas de manejo y la supuesta capacidad ilimitada del suelo para degradar sustancias, muchos sitios resultaron contaminados, como es el caso del Lote Santa Elena en Cartagena, Colombia. En esta temática existe un vacío reglamentario y el estado nacional lleva una década reconociendo la necesidad de llenarlo. Como parte de este estudio se describió el manejo que se dio al Lote Santa Elena sirviendo como base para el análisis de los aspectos de mayor relevancia que deben estar involucrados en la gestión de sitios contaminados. Se identificaron condiciones que derivaron en dificultades de gestión e impidieron un manejo más eficiente del sitio, al igual que se describen las herramientas técnicas que fueron aplicadas analizando globalmente no tanto su resultado final sino el proceso de gestión asociado a ellas. A partir de este análisis se definió una propuesta con lineamientos generales para lograr una gestión integral de los sitios contaminados en Colombia, pretendiendo sentar las bases para una política nacional que dé respuesta al vacío reglamentario.

---

**UNC**Universidad  
Nacional  
de Córdoba

---

*Proposed Management Guidelines for contaminated sites:  
Case Study: Lote Santa Elena, in Cartagena, Colombia.*

**ABSTRACT**

In the 1940s the use of pesticides grew strongly in countries with agricultural history. Due to management practices and the supposed unlimited capacity of the soil to degrade substances, many sites were contaminated, as is the case of Santa Elena's site in Cartagena, Colombia. In this issue there is a regulatory vacuum, and the national state has taken a decade to recognize the need to fill it. As part of this study, the management process of Santa Elena's site was described as the basis for the analysis of the most relevant aspects that must be involved in the contaminated site's management. Conditions were identified which resulted in management difficulties and impeded a more efficient running of the site as was revealed by the techniques applied, globally analyzing not only the final outcome but predominantly the related management process. Based on this analysis, a proposal was defined with general guidelines to achieve a comprehensive management of contaminated sites in Colombia, aiming to lay the foundations for a national policy that responds to the regulatory vacuum.

---



UNC

Universidad  
Nacional  
de Córdoba

---

## *Agradecimientos*

A mis padres, a mis hermanas, a mi familia.

A esa otra familia en Bogotá de la cual soy parte, a nuestro parche, a Facu...

A Nathalie quien me escucha, me lee y me aguanta incondicionalmente.

A mi director, jefe, profe y amigo Beto; mi gran maestro.

A todos mis amigos, a las Carmencitas.

A Rodri...

A todos los miembros de IMPAS, en especial Franco y Pablo.

A los profesores y personal administrativo de la Maestría; a Raquel y Hugo.

A los miembros del tribunal evaluador.

A todos los que me acompañaron y me apoyaron durante la realización de esta tesis.

---

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	3
2.1.	MARCO NORMATIVO ACTUAL .....	4
2.2.	OBJETIVOS Y ALCANCE DE ESTE TRABAJO .....	6
3.	LOTE SANTA ELENA .....	7
3.1.	ASPECTOS GENERALES .....	7
3.2.	HISTORIA DEL SITIO Y USO DEL SUELO .....	9
3.3.	USOS DE TERRENOS ADYACENTES.....	11
3.4.	INTERVENCIONES REALIZADAS EN EL SITIO .....	12
3.4.1.	ASPECTO ADMINISTRATIVO Y LEGAL.....	13
3.4.2.	IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERÉS AMBIENTAL.....	16
3.4.3.	PESTICIDAS PRINCIPALES .....	23
3.4.4.	ASPECTO TÉCNICO .....	24
3.4.5.	ASPECTO SOCIAL.....	29
4.	DISCUSIÓN Y LINEAMIENTOS DE GESTIÓN PARA SITIOS CONTAMINADOS .....	33
4.1.	RED LATINOAMERICANA DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS (ReLASC).....	33
4.2.	SITUACIÓN EN ARGENTINA .....	34
4.3.	SITUACIÓN EN COLOMBIA .....	40
4.4.	LINEAMIENTOS GENERALES PARA GESTIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS.....	44
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
5.1.	CONCLUSIONES .....	48
5.2.	RECOMENDACIONES.....	49
6.	REFERENCIAS .....	50

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad distintos compuestos químicos encontrados en la naturaleza o fácilmente extraíbles, han sido utilizados como pesticidas para mejorar el rendimiento de los cultivos. Con el paso del tiempo se fueron desarrollando pesticidas más potentes y de toxicidad selectiva, incrementando las opciones.

Fue a partir de la década de 1940 que el uso de pesticidas sintéticos aumentó considerablemente, debido al descubrimiento de los efectos del DDT, BHC, aldrin, dieldrin, endrin, clordano, paratión, captano y 2,4-D. Estos productos resultaron eficaces y de bajo costo siendo el DDT uno de los más populares, ya que presentaba un amplio espectro de actividad, era un buen insecticida y parecía tener baja toxicidad para mamíferos (Unsworth, 2010). Esto condujo a un uso indiscriminado de pesticidas a nivel mundial.

En 1962 en el libro “Silent Spring” de R. Carson se publicaron múltiples estudios sobre los efectos adversos de los pesticidas y se documentó con detalle la amenaza real que estos compuestos representaban para los ecosistemas naturales. A raíz de esta publicación la sociedad comenzó a reconocer que sus acciones tenían repercusiones sobre otras formas de vida (Albert, 1997) (U.S. Fish and Wildlife Service, 2013). Esto tuvo gran efecto a nivel mundial y derivó en la revisión de políticas estatales sobre uso de pesticidas y la búsqueda de productos más amigables con el medio ambiente.

En Colombia, a partir de 1974, se comenzó a restringir y prohibir el uso, producción, importación y venta de distintos pesticidas. Las primeras prohibiciones de uso y venta fueron de pesticidas organoclorados como DDT, DDD, aldrín, dieldrín y toxafeno, por nombrar algunos, en cultivos de tabaco (Instituto Colombiano de Agricultura, sf).

Un grupo de agricultores de algodón se nuclearon con el fin de representar, apoyar y defender los intereses comunes de aquellos productores y empresas del rubro textil. Así nace la Federación Nacional de Algodoneros (FNA), institución que también comercializaba agroquímicos y realizaba pruebas en campo.

La FNA era propietaria del Lote Santa Elena, ubicado en la vía Cartagena-Turbaco en Cartagena de Indias, departamento Bolívar, Colombia. Este predio era utilizado como sitio de testeos, almacenamiento, distribución y cultivos experimentales para probar diferentes dosificaciones de distintos insumos; incluidos pesticidas organoclorados y organofosforados utilizados en el cultivo



de algodón. Las prácticas usuales en esos años incluían pruebas de formulaciones experimentales allí desarrolladas y el almacenamiento bajo tierra de residuales de los productos. Hasta la década de los '80 el enterramiento de residuos, sin aplicar medidas de prevención o contención era una práctica común y rutinaria que se llevaba a cabo bajo el supuesto de que el suelo tenía una capacidad ilimitada de degradación de sustancias (Salvarrey & Gristo, 2005).

A causa de estos manejos, el sitio fue contaminado (ERM, 2009). Esto se pudo evidenciar luego de que la FNA entregara el predio al entonces Banco de Colombia como Dación en pago. Posteriormente este mismo predio, como parte de los activos del Banco, pasó a ser propiedad del Grupo Bancolombia al absorber éste al antiguo Banco de Colombia. Dentro del predio se encontraron trazas de pesticidas organoclorados y organofosforados (Grupo Bancolombia, 2011). Los principales pesticidas identificados fueron Toxafeno y Metil Parathion. A causa de estos hallazgos las autoridades del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT (actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS) expresaron la obligación de Bancolombia para realizar una caracterización del sitio y posteriormente su remediación. Es precisamente esta actuación administrativa, y sus consecuencias, la que sirve de génesis al presente estudio de caso ya que es lo ocurrido durante el desarrollo del proyecto, sus consecuencias técnicas y sobre todo jurídicas, donde se fundamentan muchas de las conclusiones que de aquí se derivan. Es importante anotar que en la actualidad existe un litigio administrativo entre Bancolombia S.A. y el MADS centrado en esa actuación administrativa.

El caso Santa Elena, dadas las circunstancias de su desarrollo, se puede tomar como caso de estudio para la definición de una estrategia de gestión de sitios contaminados, ya que este caso ha tenido una influencia muy grande en todos los aspectos importantes asociados proyectos de esta índole.

El vacío reglamentario actual sobre esta temática en específico y el estudio de las acciones llevadas a cabo en el desarrollo de este proyecto son base fundamental para la elaboración de una propuesta de lineamientos de gestión de proyectos de remediación de sitios contaminados.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El Estado colombiano no cuenta aún con un marco reglamentario claro con respecto a la gestión de sitios contaminados o pasivos ambientales. El abordaje en cada caso depende casi exclusivamente de la experiencia previa que las autoridades tengan en el tema.

Durante los años 1999-2000 se desarrollaron talleres para debatir sobre la temática de sitios contaminados y pasivos ambientales. Como consecuencia de estos talleres en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 se estableció lo siguiente: *“Se elaborará una propuesta metodológica para identificar y gestionar los pasivos ambientales, en especial para la recuperación de áreas degradadas por efecto de las actividades mineras, de explotación de hidrocarburos y agrícolas; se expedirá la norma pertinente. Se definirán criterios de priorización de los pasivos ambientales que permitan clasificarlos de acuerdo con su importancia estratégica. El MAVDT desarrollará estudios piloto en el tema y capacitará a las distintas autoridades ambientales y a los responsables sectoriales para su adecuada gestión”* (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008).

Ya en vigencia del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (2015), el Congreso de la República continua reconociendo la necesidad de una política para la gestión de pasivos ambientales, tal como se establece en el Art. 251: *“Pasivos ambientales. El Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, formulará una política para la gestión de pasivos ambientales, en la cual se establezca una única definición de pasivos ambientales y se establezcan los mecanismos e instrumentos técnicos, jurídicos y financieros para su gestión y recuperación. Dicha política debe incluir un plan de acción a corto, mediano y largo plazo, con estrategias orientadas a la identificación, priorización, valoración y recuperación de pasivos ambientales; al desarrollo de instrumentos de información ambiental; a la definición de responsabilidades institucionales a nivel nacional y regional; a la implementación de instrumentos económicos; y al establecimiento de acciones judiciales; entre otros aspectos que se consideren fundamentales para la gestión de los pasivos ambientales”*. A la fecha no se han definido aún los lineamientos necesarios para la gestión de pasivos ambientales.

Solo a nivel orientativo, existen una *Guía de manejo ambiental para estaciones de servicio de combustible* desarrollada en 1999 por el Ministerio de Medio Ambiente y el Departamento Administrativo Medio Ambiente de la Alcaldía Mayor de Bogotá DC en el cual se establecen los lineamientos para la ejecución de evaluaciones de riesgo y remediación en sitios afectados por

hidrocarburos. De igual manera, en diciembre de 2007 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial encabezó la publicación del *Manual técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de derivados de hidrocarburos*.

Para el caso particular del lote Santa Elena los procesos técnicos no se habían aplicado en el país; las circunstancias socio-económicas de la comunidad aledaña y de la ciudad misma añadieron un nivel de complejidad al igual que las actuaciones administrativas por parte de las autoridades ambientales y judiciales.

## 2.1. MARCO NORMATIVO ACTUAL

El marco normativo de referencia aplicable en estas situaciones es extenso, tal como se muestra en la Tabla 1, sin embargo no es acertado. La falta de legislación nacional específica puede llevar a malas interpretaciones a la hora de valerse de marcos normativos o de referencia extranjeros.

*Tabla 1 Marco Normativo Aplicable*

<b>MARCO INTERNACIONAL</b>	
Ley 253 de 1996	Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989
Ley 1159 de 2007	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio de Rotterdam para la Aplicación del Procedimiento de Consentimiento Fundamentado previo a ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos, Objeto de Comercio Internacional", hecho en Rotterdam el diez (10) de septiembre de mil novecientos noventa y ocho (1998)
Ley 1196 de 2008	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes," hecho en Estocolmo el 22 de mayo de 2001, la "Corrección al artículo 1o del texto original en español", del 21 de febrero de 2003, y el "Anexo G al Convenio de Estocolmo", del 6 de mayo de 2005.
<b>MARCO NACIONAL</b>	
Política para la Gestión Integral de Residuos (1998)	
Política Ambiental para la Gestión Integral de los Residuos o Desechos Peligrosos (2005)	
Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental del Suelo (GIAS 2015)	
Programas Posconsumo de Residuos	



Tabla 1 (cont.) Marco Normativo Aplicable

MARCO NACIONAL		
AIRE	Resolución 601 de 2006	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia
	Resolución 909 de 2008	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones
	Resolución 610 de 2010	Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 (Calidad de aire - inmisión)
BIOSÓLIDOS	Decreto 1287 de 2014	Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales
GENERAL	Ley 23 de 1973	Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones
	Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
	Ley 09 de 1979	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias
	Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
	Ley 388 de 1997	Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.
	Ley 491 de 1999	Por la cual se establece el seguro ecológico, se modifica el Código Penal y se dictan otras disposiciones
	Ley 599 de 2000	Por la cual se expide el Código Penal (Delitos Ambientales – Título XI)
	Ley 1333 de 2009	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones
	Decreto 3678 de 2010	Por el cual se establecen los criterios para la imposición de las sanciones consagradas en el artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones.
	Resolución 415 de 2010	Por la cual se reglamenta el Registro Único de Infractores Ambientales (RUIA) y se toman otras determinaciones.
	Decreto 2041 de 2014	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales
	Ley 1753 de 2015	Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país".
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	
PLAGUICIDAS	Decreto 1843 de 1991	Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas
PLAGUICIDAS RESPEL	Decreto 1443 de 2004	Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 253 de 1996, y la Ley 430 de 1998 en relación con la prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos, y se toman otras determinaciones
RESIDUOS	Decreto 351 de 2014	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades
RESIDUOS ESPECIALES	Resolución 2309 de 1986	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la parte 4a. del Libro 1o. del Decreto Ley No. 2811 de 1974 y de los Títulos I, II y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.
RESIDUOS SUELOS	Resolución 541 de 1994	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación
RESPEL	Decreto 1609 de 2002	Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera
	Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral
	Resolución 809 de 2006	Por la cual se deroga la Resolución 189 del 15 de julio de 1994 - Tráfico de Residuos Peligrosos
	Ley 1252 de 2008	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones
SERVICIOS PÚBLICOS	Ley 142 de 1994	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
	Resolución 1096 de 2000	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS 2000
	Ley 1259 de 2008	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones
	Decreto 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo
VIDA SILVESTRE	Resolución 2064 de 2010	Por la cual se reglamentan las medidas posteriores a la aprehensión preventiva, restitución o decomiso de especímenes de especies silvestres de Fauna y Flora Terrestre y Acuática y se dictan otras disposiciones.



## 2.2. OBJETIVOS Y ALCANCE DE ESTE TRABAJO

En este trabajo se presentan lineamientos de gestión para sitios contaminados en el territorio nacional colombiano. Para esto se toma como caso de estudio el proceso llevado a cabo para el caso del Lote Santa Elena, de gran relevancia a nivel nacional. La descripción del caso se basa en el Expediente LAM0021 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

El lote Santa Elena fue clasificado en tres áreas por la empresa a cargo de las intervenciones, para agilizar su manejo. Estas áreas son la zona de acceso, el confinamiento y el área restante del lote. El estudio del caso se centrará en las actuaciones e intervenciones realizadas sobre la tercer área mencionada denominada lote o predio y sus consecuencias.

En la descripción de este caso se enfatizará sobre las actuaciones administrativas y legales que tuvieron lugar teniendo muy en cuenta un contexto técnico claro y así poder identificar los puntos a favor y en contra de las decisiones tomadas y su aplicabilidad durante todo el proceso. En la propuesta de gestión se detallarán los lineamientos generales a seguir para lograr una correcta gestión de sitios contaminados, más no cómo aplicarlos.

### 3. LOTE SANTA ELENA

#### 3.1. ASPECTOS GENERALES

El área de estudio se ubica en la ciudad de Cartagena de Indias, Distrito Turístico y Cultural, departamento de Bolívar, República de Colombia. Cartagena de Indias o sólo Cartagena; está ubicada en el departamento de Bolívar, sobre la costa caribe de Colombia. Fue y es considerado uno de los puertos más importantes de América; por el comercio de esclavos y por ser punto de partida para las expediciones españolas durante la época colonial; y por el desarrollo industrial, comercial y la afluencia turística en la actualidad (CEPAL, sf) (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, sf).

El lote Santa Elena se sitúa más específicamente sobre el costado sur de la troncal occidental o vía a Turbaco, en el sector de Ternera y cuenta con una extensión de 24 hectáreas. En la siguiente figura se muestra la ubicación del área de estudio.

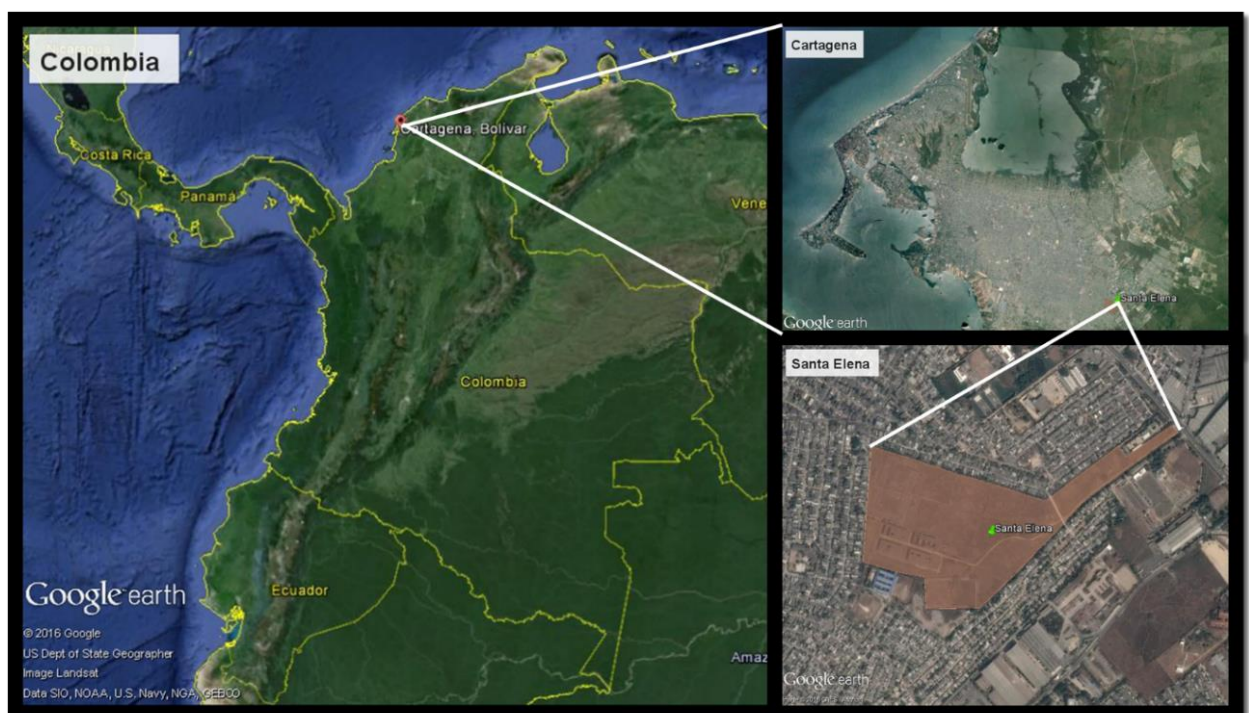


Figura 1 Ubicación del área de estudio, lote Santa Elena.

## CLIMA

Cartagena se ubica en una región de clima caracterizado como tropical semiárido con una temperatura media anual de 28°C; en la que se identifican: época húmeda (agosto a noviembre), época seca (diciembre a abril) y época de transición (mayo a julio). La ciudad se encuentra bajo la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) debido a su posición geográfica (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, sf). La ZCIT constituye la región con mayor nubosidad y lluvias debido al flujo convergente de masas de aire del norte y del sur (IDEAM, 2014).

A continuación se presentan datos multianuales de la región.

Tabla 2 Parámetros multianuales (IDEAM, 2014)

MES	TEMP °C	HUMEDAD REL. %	PRECIPITACIÓN (mm)	BRILLO SOLAR (hrs. décimos)	VIENTO nudos
ENERO	27.0	82.0	4.5	242.0	NORTE/NORESTE 15-20
FEBRERO	26.8	81.0	0.0	206.2	NORTE/NORESTE 15-20
MARZO	27.1	82.0	1.6	194.1	NORTE/NORESTE 15-20
ABRIL	27.5	82.0	22.6	183.9	NORTE/NORESTE 15-20
MAYO	28.1	83.0	67.3	183.7	VARIABLES 5-10
JUNIO	28.3	83.0	80.4	181.9	NORTE/ESTE 15-20
JULIO	28.2	83.0	73.8	209.9	NORTE/ESTE
AGOSTO	28.2	83.0	85.2	193.4	VARIABLES 5-10
SEPTIEMBRE	28.3	83.0	111.6	178.8	VARIABLES 5-10
OCTUBRE	27.8	85.0	180.8	165.7	VARIABLES 5-10
NOVIEMBRE	27.8	85.0	93.8	196.5	VARIABLES 5-10
DICIEMBRE	27.3	84.0	29.5	218.1	NORTE/NORESTE 15-20
MAREA MÁXIMA: 50 cms					
MAREA MEDIA: 30 cms					
MAREA MÍNIMA: 12 cms					
TEMPERATURA MÁXIMA: 34 °C					
TEMPERATURA MEDIA: 27.2 °C					
TEMPERATURA MÍNIMA: 22.4 °C					

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Entre las formaciones geológicas que se destacan en el área de estudio se identifican la Formación Bayunca (Ngb) y Formación La Popa (Qpp), ambas pertenecientes al Cinturón del Sinú. La

primera se conforma de lodolitas grises con algunas oxidaciones amarillentas, en capas delgadas y medias con laminación interna ondulosa, pudiendo observarse también areniscas de cuarzo. La segunda presenta calizas arrecifales amarillas claro y masiva, de moluscos y corales (INGEOMINAS, 1998). A continuación se muestra la ubicación del predio y las formaciones geológicas descriptas.

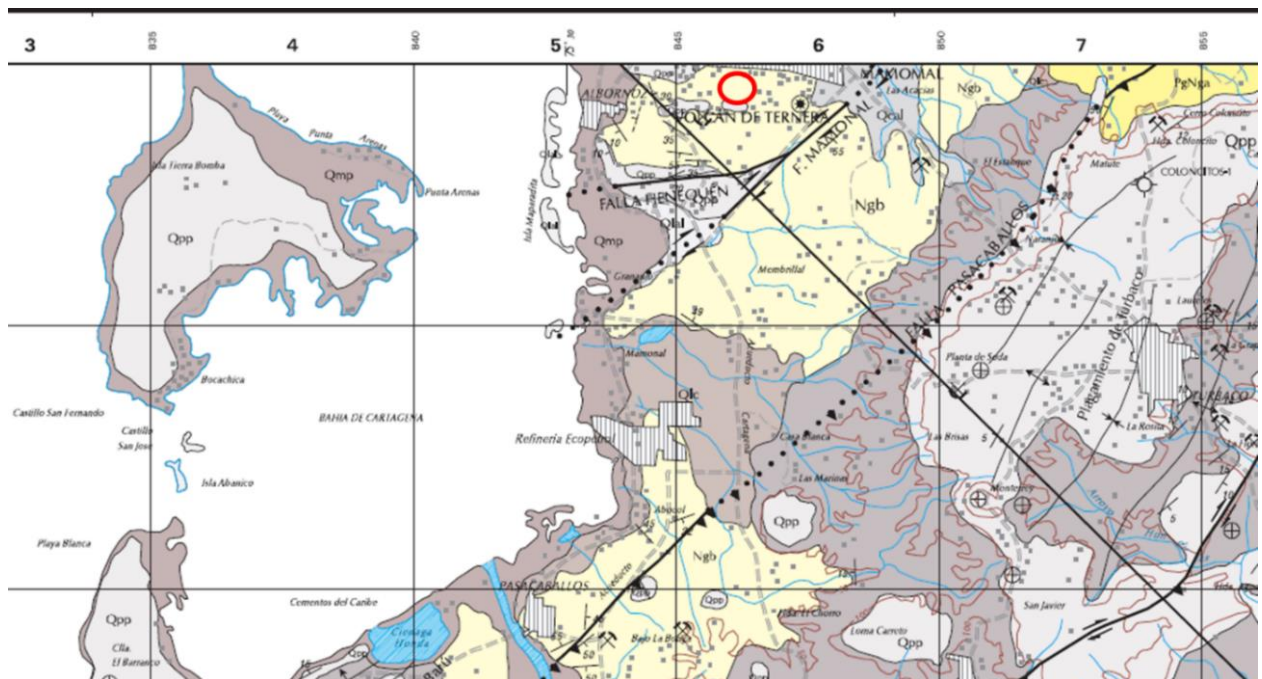


Figura 2 Formaciones geológicas de interés (INGEOMINAS, 1998).

La ciudad se encuentra en un área de influencia de diferentes cuencas que tienden a formar sistemas hidrológicos y ecológicos interrelacionados, determinando un comportamiento propio (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2010).

### 3.2. HISTORIA DEL SITIO Y USO DEL SUELO

Cómo se mencionó anteriormente, Cartagena ha sido y es una ciudad de gran importancia como puerto comercial y Plaza Fuerte en la antigüedad y actualmente, además, como centro turístico y sede de importantes industrias y servicios. El cultivo de algodón en la región, junto a otros frutos,





se dio desde los tiempos de los caribes, comunidades originarias de la costa colombiana (Sourdis Nájera, 2008).

El lote de Santa Elena contaba, originalmente con 44 hectáreas de extensión. Fue adquirido por la Federación Nacional de Algodoneros (FNA) en 1969. La FNA utilizaba este lote para llevar a cabo pruebas y ensayos con distintivos insumos agroquímicos sobre cultivos de algodón. El sitio era utilizado también para el almacenamiento y distribución de los productos, entre los que se destacan los pesticidas organoclorados y organofosforados. Estas prácticas y manejos continuaron hasta el año 1987, cuando el Banco de Colombia SA de Panamá recibe el título de propiedad en dación de pago. La FNA salda su deuda, sin advertir al nuevo propietario sobre la presencia de agroquímicos en el sitio.

En 1993 el predio es adquirido por el Fondo de Interés Social y Reforma Urbana Distrital de Cartagena (CORVIVIENDA) para ejecutar el proyecto Ciudadela 2000, urbanización de interés social, que además de constar de un gran número de soluciones de vivienda, incluía la construcción de una institución educativa. Durante el desarrollo de la Etapa V del Proyecto Urbanístico, en 1994, se encontraron varias canecas metálicas conteniendo residuos de plaguicidas (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2010). A raíz de esta situación, en el mismo año, se suspenden las obras de construcción del proyecto Ciudadela 2000, por resolución ministerial. Al año siguiente el Ministerio de Ambiente ordena a CORVIVIENDA delimitar y señalizar las áreas contaminadas y diseñar un procedimiento para la extracción y disposición del material contaminado. Esto forzó una confrontación entre CORVIVIENDA y el Banco, lo que los llevó a concertar un contrato de transacción. En una de las cláusulas del contrato de transacción entre CORVIVIENDA y el Banco en 1996, se establece que CORVIVIENDA queda liberada de toda responsabilidad en la descontaminación del sitio, y ésta es adquirida por el Banco. Adicionalmente, CORVIVIENDA devuelve al Banco las 24 hectáreas que hasta el momento no se habían urbanizado y CORVIVIENDA sigue siendo propietaria de las 20 hectáreas ya desarrolladas.

En el año 1998 el ministerio ordenó a Bancolombia la realización de un confinamiento in situ de los suelos contaminados y la presentación de alternativas de remediación. Al año siguiente, una vez aprobados los diseños, se construye en confinamiento y en el año 2000 se levanta la suspensión de construcción que se había interpuesto años atrás.

A finales del año 2004 la ciudad fue declarada en emergencia debido a las grandes inundaciones y daños causados por las tempestades con lluvias intensas. Durante este evento más de 6000

personas resultaron afectadas (Cruz Martínez, 2008). Esta situación de emergencia fue la precursora para el programa Colombiatón, una iniciativa del gobierno nacional para brindarles a las familias damnificadas una nueva oportunidad. Una de las organizaciones involucradas en el programa, COMPARTIR, inicia acciones para la adquisición del lote para la construcción de viviendas de interés social.

En 2005 se realizó el hallazgo de un sitio con presencia de suelos contaminados con plaguicidas obsoletos durante las obras civiles vinculadas al programa Colombiatón (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2010).

Los vecinos del Barrio Simón Bolívar interponen una queja ante las autoridades ambientales Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE) y el Establecimiento Público Ambiental de Cartagena (EPA de Cartagena) debido a los malos olores provenientes del sitio, quienes ordenan la suspensión las obras de manera inmediata. Posteriormente, esta restricción se levantó para 4 de las 11 manzanas que componían al proyecto, a la vez que se dio conocimiento de la situación al ministerio. Sin embargo, la organización COMPARTIR decide suspender la totalidad del proyecto y devuelve el predio a Bancolombia.

Al año siguiente el ministerio resolvió imponer una serie de obligaciones a Bancolombia, teniendo como base el principio de precaución y a través de continuas resoluciones, el Ministerio exigió llevar adelante actividades de remediación del lote Santa Elena.

Actualmente y de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial el lote está clasificado bajo uso de suelo Residencial Tipo A (uso principal para viviendas unifamiliares y bifamiliares) (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2010).

### 3.3. USOS DE TERRENOS ADYACENTES

El lote Santa Elena se encuentra rodeado por zonas residenciales e industriales. Hacia el norte se encuentran un canal de escorrentías y una zona residencial denominada Simón Bolívar en donde se dan distintas actividades comerciales. Sobre el acceso al predio se encuentran la vía que conecta Cartagena con Turbaco y el Parque Industrial Ternera. Hacia el costado oeste se encuentra el barrio San Fernando y hacia el suroeste el lote limita con el barrio Ciudadela 2000 y la Institución Educativa Divino Salvador.

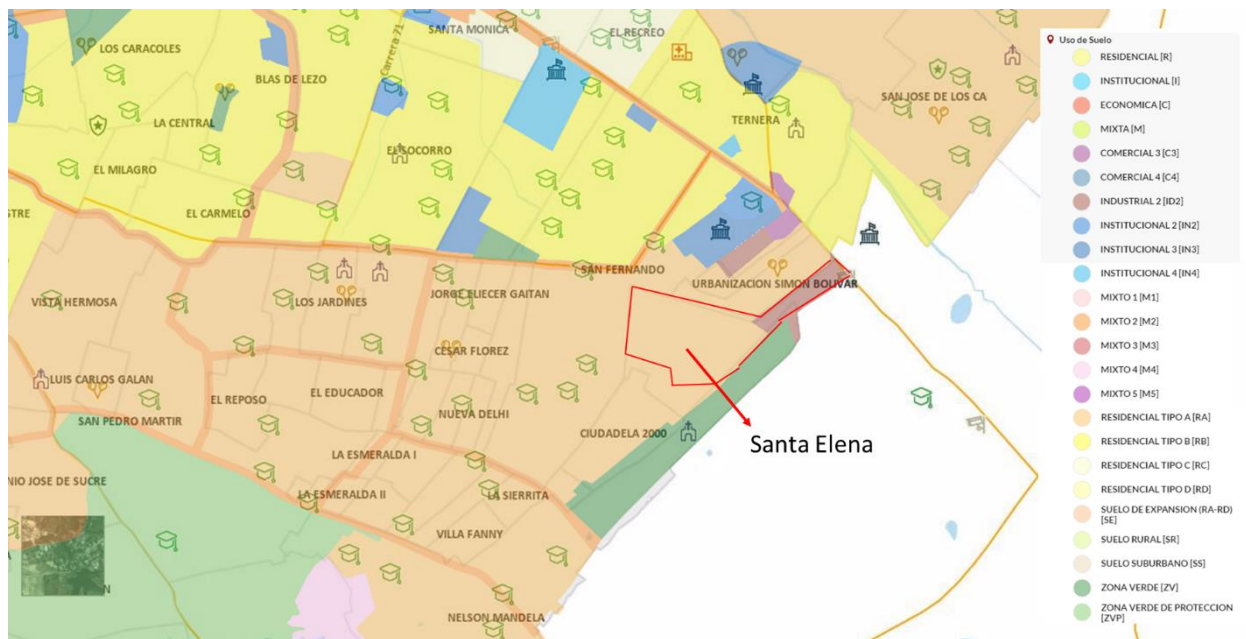


Figura 3 Usos del suelo en predio Santa Elena y alrededores (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2010)

El barrio Ciudadela 2000 forma parte de un programa denominado Viviendas de Interés Social – VIS, realizado en coordinación con el gobierno nacional y CORVIVIENDA. Comprende un subsidio para la adquisición (en este caso) de una nueva vivienda. CORVIVIENDA es la encargada de la articulación entre el Estado y distintos organismos de orden público y privado, a fin de facilitar el acceso de la población en situación de pobreza o de bajos recursos económicos a una vivienda digna (CORVIVIENDA, sf).

### 3.4. INTERVENCIONES REALIZADAS EN EL SITIO

Desde el año 1998 comenzaron sucesivas acciones para realizar la caracterización de la contaminación presente en el lote Santa Elena.

Desde febrero del 2008 hasta finales del año 2014 la Corporación Bioparque desarrolló actividades de índole social con las comunidades vecinas del lote Santa Elena.

Durante el año 2009 se realizó un estudio epidemiológico por parte de la Universidad del Valle, en el que no se pudo establecer relación directa entre los agroquímicos encontrados en el sitio y los casos con síntomas bronco-obstructivos, neuro-comportamentales y función pulmonar que se presentaron entre los vecinos del predio (Universidad del Valle, 2009).

Si bien no se encuentra incluido dentro del expediente de la autoridad ambiental, durante el año 2012 se realizó un análisis de riesgo para la salud, utilizando modelos RISC 4.0 y SADA5.0 y tomando como referencia para los cálculos de exposición los datos obtenidos durante el estudio epidemiológico de 2009 que se menciona anteriormente. Los resultados obtenidos de las diferentes corridas de los modelos indicaron la ausencia de riesgo para poblaciones vecinas aunque para el lote mismo identifica riesgos cancerígeno y no cancerígeno significativamente altos; por lo que bajo esas condiciones el lote no era apto para uso residencial, agrícola, industrial, recreacional o excavaciones de construcción (Echeverry Prieto, 2012). Sin embargo, es importante resaltar que se tenía bastante claro, por parte tanto del Banco como de las Autoridades Ambientales, que la condición inicial del predio (previa a su intervención remedial) era incompatible con cualquier desarrollo urbanístico o industrial alguno y que era absolutamente necesaria una intervención remedial que modificase las concentraciones de las sustancias presentes y las redujese a niveles de riesgo aceptables.

Durante el año 2009 se llevaron a cabo actividades para la realización de una línea base ambiental del sitio para suelos y aguas subterráneas, para definir un punto de partida respecto de las labores de remediación. Luego, entre 2010 y 2011 se desarrolló un análisis de riesgo, de acuerdo con la metodología de Acciones Correctivas Basadas en el Análisis de Riesgo (RBCA) con lo que se obtuvieron las Concentraciones Calculadas Específicas para el Sitio (CCES) para suelo; adicionalmente, se realizaron pruebas de tratabilidad de los suelos comprometidos y recomendaciones de remediación con el fin de llevar a cabo los procesos de remediación a partir del año 2013. El proceso de remediación se llevó a cabo en etapas; primero tuvieron lugar los procesos de oxidación avanzada y luego los de reducción y biorremediación.

### **3.4.1. ASPECTO ADMINISTRATIVO Y LEGAL**

En la tabla 3, a continuación, se muestran las comunicaciones y obligaciones más relevantes entre el Banco y el actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) o Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) entre 1993 y 2002. Estos documentos se presentan en orden cronológico y para algunas de ellas se hace una breve descripción del contenido.

*Tabla 3 Comunicaciones entre en Banco y el Ministerio*

DOCUMENTO		TÍTULO	OBSERVACIONES
Resolución 155	de 25 de julio de 1994	Mediante la cual se suspende la Licencia Ambiental del Proyecto urbanístico Ciudadela 2000, adelantado por el Fondo de Vivienda de Interés Social y reforma Urbana Distrital CORVIVIENDA	
Resolución 118	de 8 de febrero de 1995	Por la cual se impone una medida preventiva, se abre una investigación y se dictan otras disposiciones	Se obliga a CORVIVIENDA a realizar estudios y evaluaciones
Resolución 976	de 5 de noviembre de 1997	Por la cual se ordena cesar de todo procedimiento contra el Fondo de Vivienda de Interés Social y reforma Urbana Distrital CORVIVIENDA, abrir investigación contra la Federación Nacional de Algodoneros y se toman otras determinaciones	
Resolución 578	de 2 de julio de 1998	Por medio de la cual se ordena al Banco de Colombia SA y/o Banco de Colombia SA de Panamá a utilizar como alternativa de remediación el confinamiento in situ de los suelos contaminados detectados en las zonas A, B, C, D, WB II, WB I y M ubicados en el lote de 44 hectáreas localizadas dentro del perímetro de la ciudad de Cartagena de Indias, Distrito Turístico y Cultural y se dictan otras disposiciones	
Resolución 24	de 15 de enero de 1999	Por medio de la cual se aprueban diseños y especificaciones técnicas presentadas por el Banco de Colombia SA y/o Banco de Colombia SA de Panamá para el confinamiento in situ de los suelos contaminados detectados en las zonas A, B, C, D, WB II, WB I y M ubicados en el lote de 44 hectáreas localizadas dentro del perímetro de la ciudad de Cartagena de Indias, Distrito Turístico y Cultural y se dictan otras disposiciones	
Resolución 357	de 6 de abril de 2000	Por la cual se levantan unas medidas preventivas y se toman otras determinaciones	Se levantan restricciones de uso de suelo. Se levanta la suspensión de construcción de Res. 155/1994 y Res. 118/1995
Resolución 731	de 19 de julio de 2000	Por la cual se resuelve un recurso de reposición y se toman otras determinaciones	Se determinan nuevas distancias de construcción para zonas verdes, andenes y vías. Se determinan muestreos y monitoreos

Tabla 3 (cont.) Comunicaciones entre en Banco y el Ministerio

DOCUMENTO		TÍTULO	OBSERVACIONES
Resolución 1938	de 7 de diciembre de 2005	Por la cual se imponen unas medidas ambientales y se toman otras determinaciones	Se ordena al Banco a presentar al Ministerio un programa de muestreos para toda la extensión del lote
Resolución 412	de 3 de marzo de 2006	Por la cual se establecen unos programas de muestreo de suelos y de exploración geoelectrica y se toman otras determinaciones	de acuerdo con la obligación establecida en Res 1938
Resolución 1247	de 30 de junio de 2006	Por la cual se establecen unas medidas ambientales y se toman otras determinaciones	Se establecen términos para la remediación de zonas WB2, WB3, C, A y el área de bodegas Medidas mínimas a tomar en corto, mediano y largo plazo durante año y medio aproximadamente Directrices de Referencia: metas preliminares de remediación PRG, de US EPA Esta resolución, junto con la siguiente, es la que da origen al proceso que se describe en este trabajo
Resolución 2722	de 28 de diciembre de 2006	Por la cual se resuelve un recurso de reposición en contra de la Resolución 1247 de 30 de junio de 2006 y se toman otras determinaciones	Se rechaza la solicitud de revocatoria sobre la Res. 1247 de 2006 y se establece un cronograma para implementación de las medidas dispuestas Esta resolución ratifica las obligaciones establecidas en la Res. anterior, dando también origen al proceso que e describe en este trabajo

A partir de estas dos últimas resoluciones hasta la actualidad, las comunicaciones entre el Banco y el Ministerio se circunscriben a conceptos técnicos, autos y resoluciones sobre seguimientos, control y cumplimiento por parte de Bancolombia, de las obligaciones establecidas por el Ministerio.

En octubre de 2007 Bancolombia demanda a la Nación-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) ante el Tribunal Contencioso Administrativo de Cundinamarca con cinco pretensiones principales:

- Que se declare nulidad de la Resolución 1247 del 30 de junio de 2006 *Por la cual se establecen unas medidas ambientales y se toman otras determinaciones;*

- Que se declare nulidad de la Resolución 2722 del 28 de diciembre de 2006 *Por la cual se resuelve el Recurso de Reposición interpuesto en contra de la Resolución 1247 del 30 de junio de 2006 y se toman otras determinaciones;*
- Que se declare a Bancolombia S.A: exonerado del cumplimiento de las obligaciones impuestas por las resoluciones 1247 del 30 de junio de 2006 y 2722 del 28 de diciembre de 2006;
- A título de reparación del daño, que se condene a la Nación-MAVDT a indemnizar los perjuicios económicos causados por actividades ejecutadas;
- Que se condene a la Nación-MAVDT al pago de costas y agencias en derecho.

Estas pretensiones se fundamentaron en los siguientes cargos:

- Actos expedidos por funcionario incompetente;
- Bancolombia no es responsable de la remediación, pues no es generador, ni fabricante, ni receptor de plaguicidas;
- Indebida aplicación del principio de precaución: alcance y límite del objeto de las medidas;
- Bancolombia no es propietario de 44 hectáreas;
- Alcance del contrato de transacción: efectos interpartes y objeto cumplido;
- Indebida aplicación del Decreto 4741 de 2005.

Esta demanda sigue aún en curso ante los tribunales administrativos de Cundinamarca. Sin embargo, es importante aclarar que el Banco también interpuso una demanda Civil en contra de la FNA por cuenta de la responsabilidad ambiental derivada de la contaminación la cual resultó en un fallo a favor de Bancolombia.

### 3.4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERÉS AMBIENTAL

Durante el año 1998 se condujo la primera caracterización del sitio bajo obligación establecida a Bancolombia. Dicho estudio fue llevado a cabo por la firma 3D International. Este programa de muestreos incluyó muestreos de suelos hasta 4 m de profundidad y determinación de concentración de pesticidas en paredes y pisos de las bodegas. En las figuras a continuación se puede observar la



distribución de los puntos de muestreo. Los resultados de esta caracterización arrojaron como principales contaminantes los pesticidas Metil Paratión y Toxafeno (Uribe Jongbleod, 2007).

En 2006, Bancolombia complementa el estudio de caracterización contratando a la firma ERM para realizar el proceso.

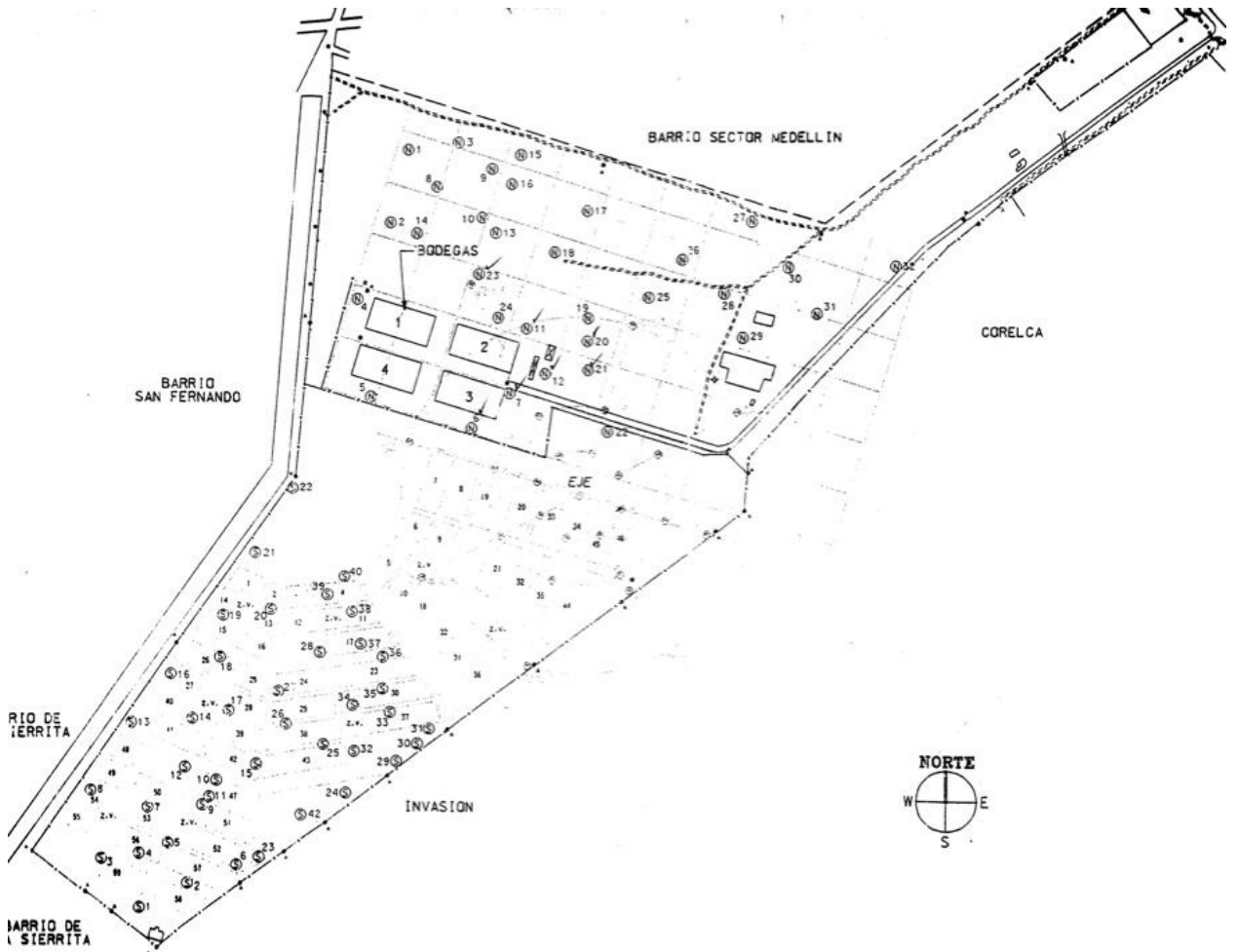


Figura 4 Ubicación de puntos de muestreo y áreas impactadas en estudio de 1998 (Uribe Jongbleod, 2007)



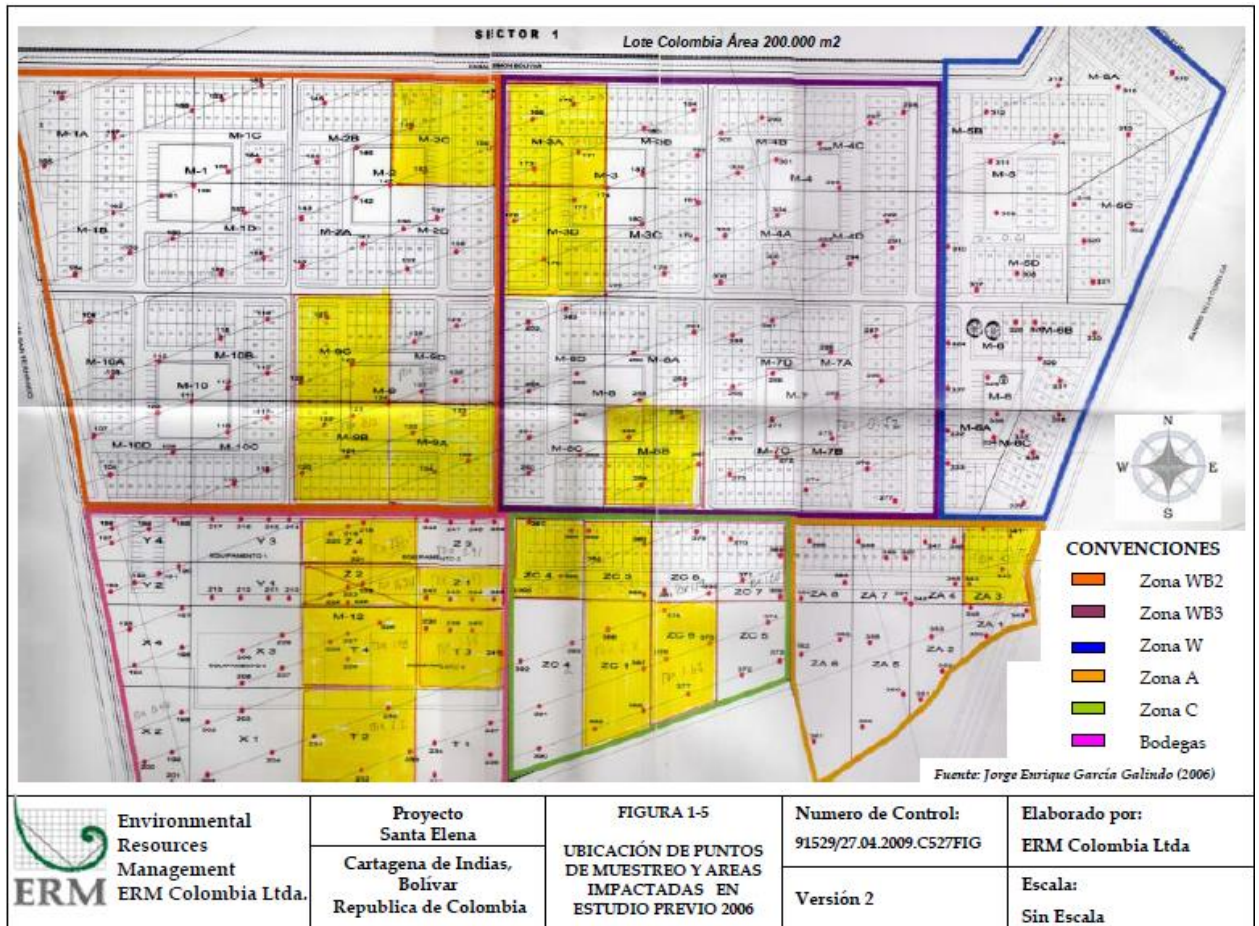


Figura 5 Ubicación de puntos de muestreo y áreas impactadas en estudio de 2006 (ERM, 2009).

El sitio fue subdividido en 3 áreas principales: área de acceso, confinamiento y el resto del lote.

La zona de acceso cuenta con una extensión aproximada de 3,8 Ha las cuales, de acuerdo con los sucesivos caracterizaciones realizadas, no evidenciaron presencia de pesticidas.

El confinamiento tiene un área 1,87 Ha aproximadamente por 6 m de profundidad; consta de paredes en concreto y una cobertura con geomembrana y suelo de 1 m aproximadamente de espesor, sobre el área de confinamiento. La construcción del confinamiento se basó por completo en lo estipulado en la Resolución 0024 de enero de 1999, “Por medio de la cual se ordena al Banco de Colombia S.A. y/o Banco de Colombia S.A. de Panamá utilizar como alternativa de remediación el confinamiento in-situ de los suelos contaminados, detectados en las zonas: A, B, C, D, WB-II, WB-I y M, ubicadas en el lote de 44 hectáreas, localizados dentro del perímetro urbano de la ciudad de Cartagena de Indias Distrito Turístico y Cultural y se dictan otras disposiciones” (Uribe Jongbleod, 2007).

En la figura a continuación se muestran las distintas divisiones.

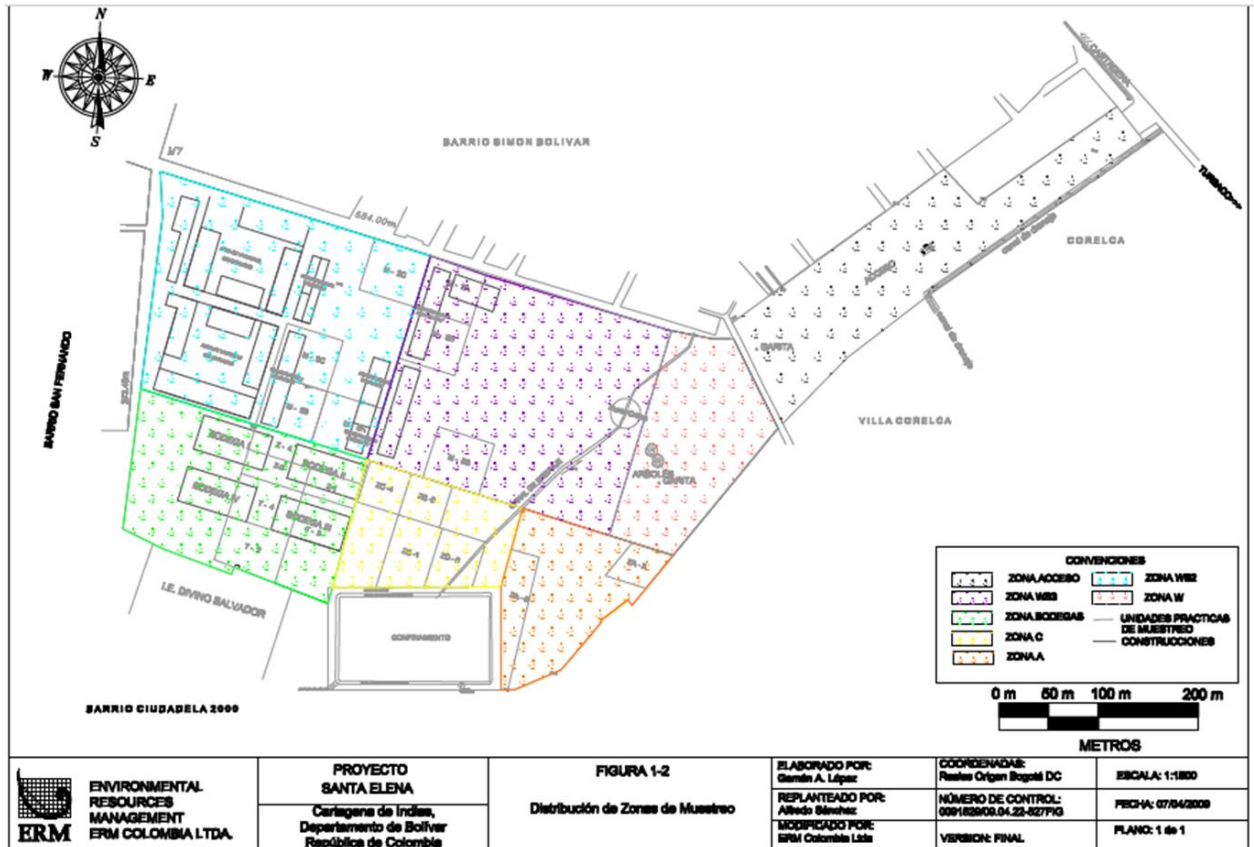


Figura 6 División de zonas de muestreo (ERM, 2009)

Durante los meses de enero a abril de 2009, se realizaron nuevamente actividades para evaluar el tipo de plaguicidas presentes en el sitio, su concentración y distribución dando cumplimiento a lo establecido por el Ministerio. Los resultados obtenidos indicaron que los mayores impactos medidos para suelos se debían a la presencia de pesticidas organoclorados, entre los que se identificaron 4,4'DDT; 4,4'DDE; 4,4'DDD; heptacloro epóxido; clordano; delta BHC; gamma BHC y toxafeno, éste último en mayor abundancia. El compuesto principal identificado dentro del confinamiento fue metilparatió.

En las figuras a continuación se muestran las áreas afectadas por los distintos pesticidas y las curvas de isoconcentración de los distintos pesticidas organoclorados encontrados a distintas profundidades.



UNC

Universidad Nacional de Córdoba

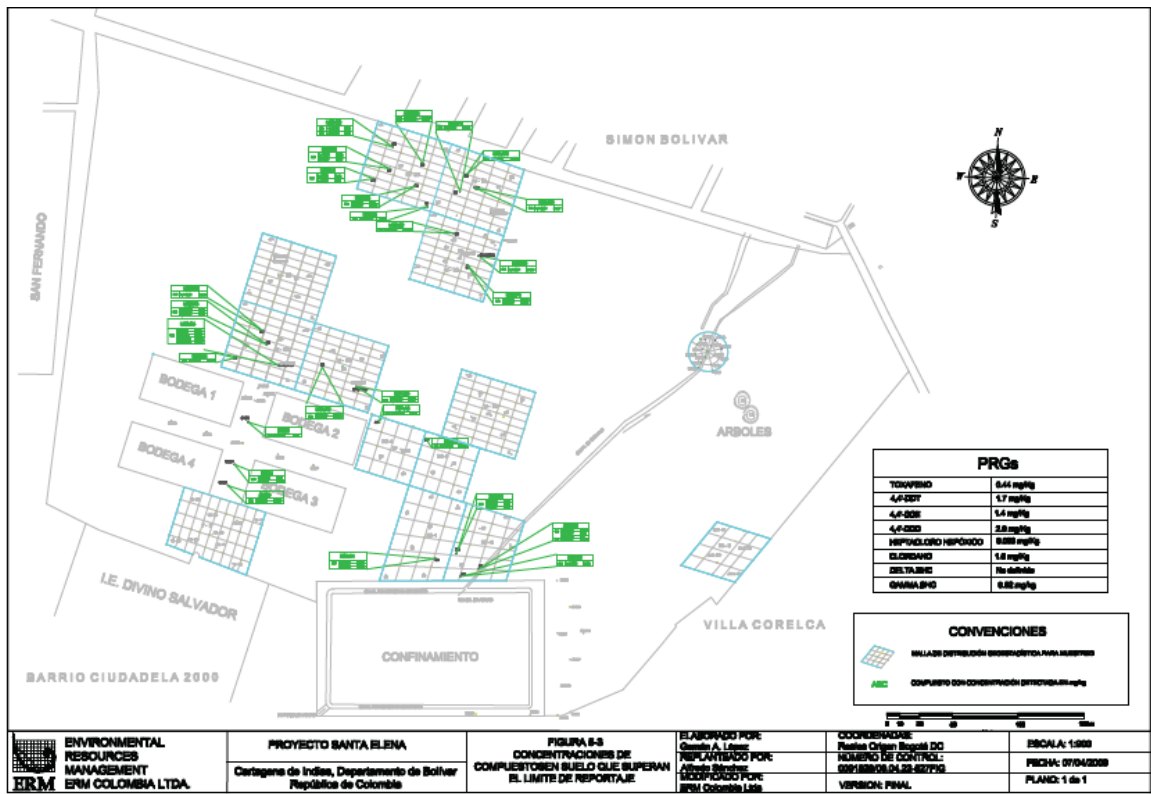


Figura 7 Concentraciones de compuestos en suelo que superan el límite de reporte (ERM, 2009).

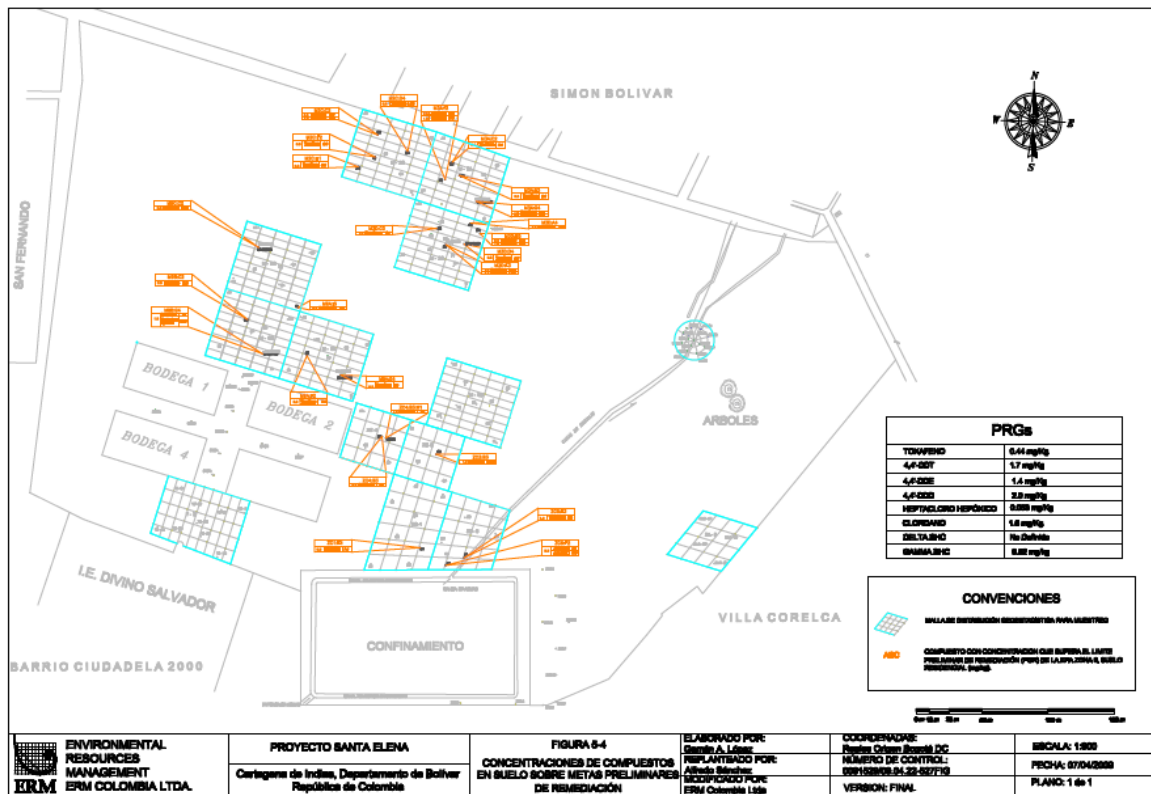


Figura 8 Concentraciones de compuestos en suelo que superan las metas preliminares de remediación – PRGs (ERM, 2009)



UNC

Universidad Nacional de Córdoba

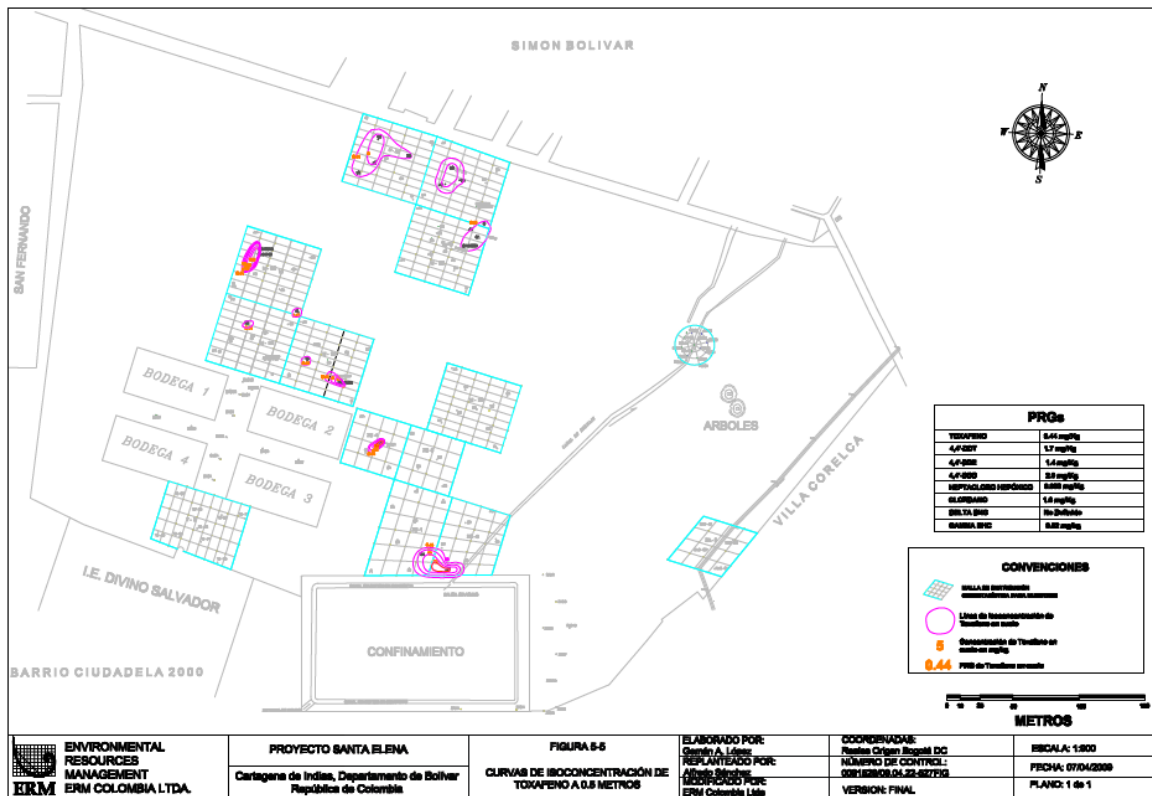


Figura 9 Curva de Isoconcentración de toxafeno a 0.5m (ERM, 2009)

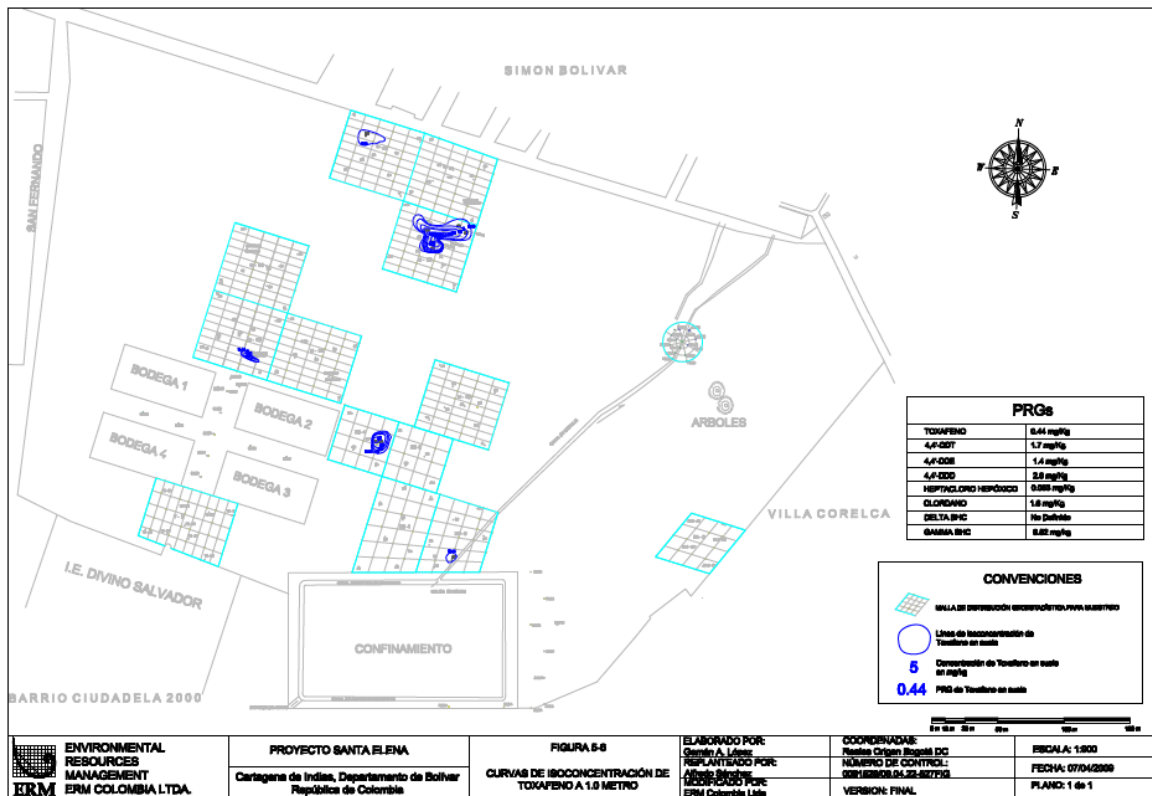


Figura 10 Curva de Isoconcentración de toxafeno a 1.0m (ERM, 2009)



UNC

Universidad Nacional de Córdoba

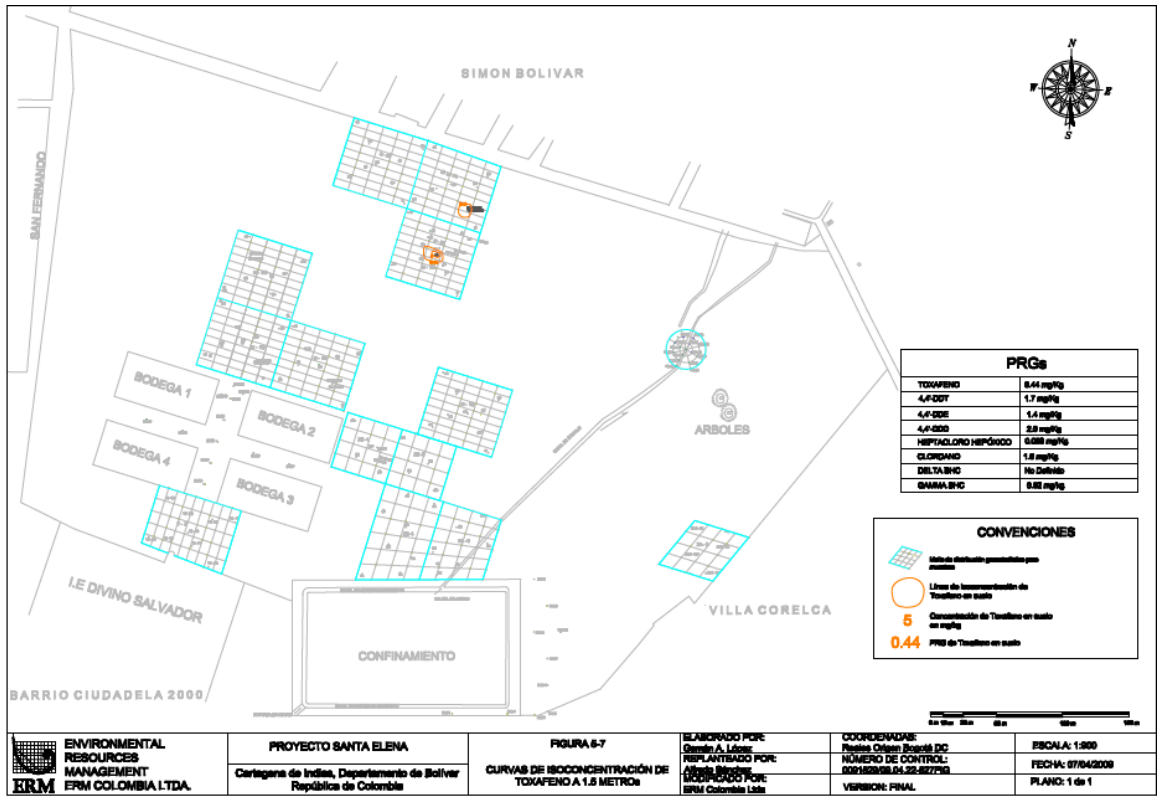


Figura 11 Curva de Isoconcentración de toxafeno a 1.5m (ERM, 2009)

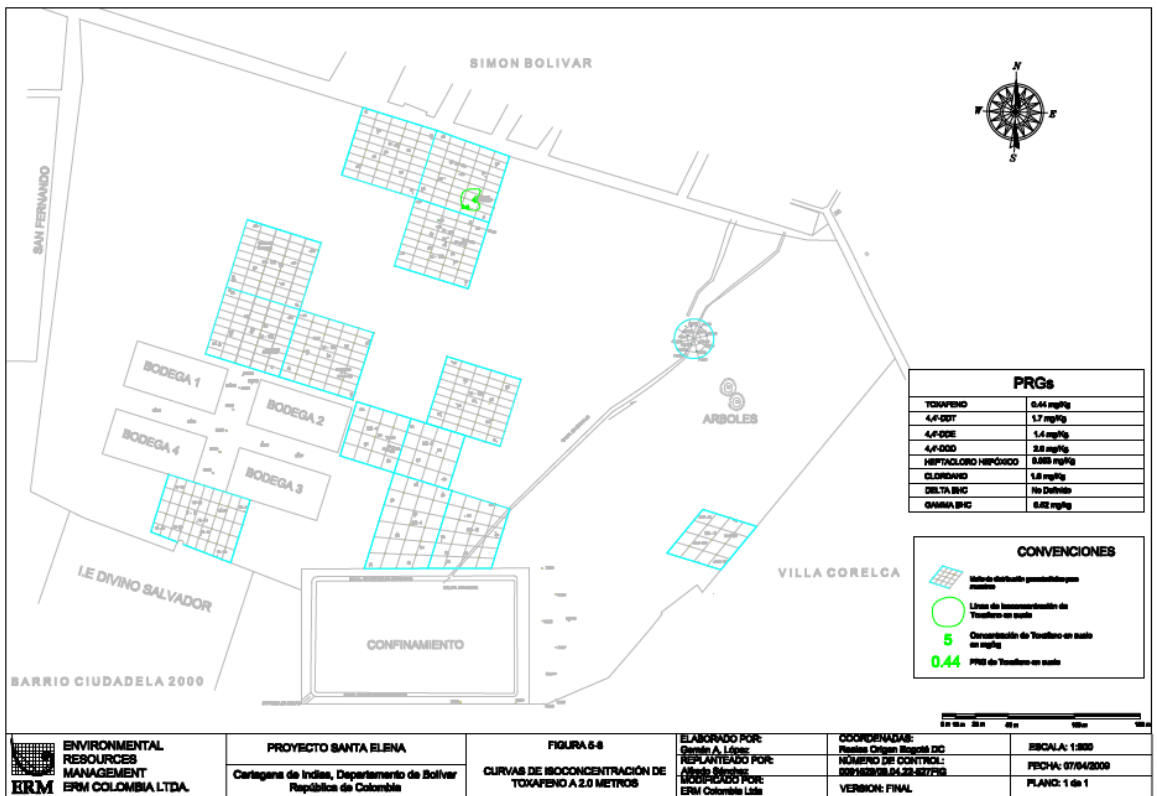


Figura 12 Curva de Isoconcentración de toxafeno a 2.0m (ERM, 2009)

A partir de 2013 sucesivas acciones de remediación se llevaron a cabo utilizando métodos de bioremediación, oxidación y reducción química *in situ* logrando enormes reducciones en la concentración de pesticidas en suelo obteniendo una mejora ambiental significativa del sitio en cuestión. Sin embargo, existen áreas aún bajo monitoreo por encontrarse concentraciones marginalmente por encima de niveles de remediación. Estas áreas se encuentran aún bajo tratamiento.

### 3.4.3. PESTICIDAS PRINCIPALES

Cualquier sustancia utilizada con el fin de controlar, matar y/o repeler una plaga es considerada un pesticida, teniendo en cuenta que se define como plaga cualquier organismo vivo capaz de provocar daños y pérdidas económicas o capaz de transmitir y/o provocar enfermedades (insectos, ratones, hierbas, hongos, entre otros) (California Department of Pesticide Regulation, 2006).

El toxafeno fue uno de los contaminantes identificados en el confinamiento y el de mayor abundancia en el lote. Este es uno de tantos pesticidas organoclorados y fue uno de los más utilizados en Estados Unidos hasta que su uso fue prohibido en 1990. Su principal aplicación era para el control de plagas en cultivos de algodón. Este compuesto puede encontrarse como sólido y como gas, es de color amarillo ámbar y tiene un olor similar a pino. Este organoclorado no se disuelve bien en agua, por lo que es más común encontrarlo en el aire, el suelo o como sedimento en cuerpos de agua superficiales. Es de muy lenta degradación y su composición cambia con el tiempo debido a que los congéneres se degradan a un ritmo diferente. El toxafeno puede ser transportado grandes distancias en el aire y se acumula en los tejidos grasos de peces y mamíferos (Agency for Toxic Substances and Disease Registry , 2014).

Los efectos que el toxafeno pueda causar a la salud dependen tanto de la dosis como del tiempo de exposición. Entre los efectos registrados por ingesta en altas dosis se pueden mencionar convulsiones; deterioro hepático y daño e inflamación renal. Los efectos registrados en laboratorio por exposición prolongada fueron principalmente sobre el sistema inmunológico. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2016) (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2016). Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos consideran que el toxafeno puede ser carcinogénico (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2016).

El metilparatión identificado como el compuesto de mayor abundancia en el confinamiento, es un pesticida organofosforado de gran poder insecticida, manufacturado para ser pulverizado sobre cultivos. Se encuentra como cristales blancos o como una solución parda (de un 80% de pureza) y presenta un olor característico a huevos podridos. Al ser pulverizado sobre los cultivos, pequeñas gotas de este compuesto pueden ser movilizadas grandes distancias por la lluvia, niebla y viento pudiendo persistir desde días hasta meses en el ambiente. El metilparatión generalmente no se moviliza a través del suelo hasta el agua subterránea sino que se adhiere y es degradado por bacterias. La luz solar y las bacterias que se encuentran en el agua también pueden degradar este compuesto a paraoxón, una sustancia aún más tóxica. Cuando el metilparatión se encuentra en grandes cantidades (como en almacenamientos bajo tierra) su degradación puede no ser tan rápida (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2001).

El metilparatión puede ingresar rápidamente al torrente sanguíneo por contacto, ingesta o inhalación. Una vez en sangre el agroquímico llega al hígado, cerebro y otros órganos. El hígado puede metabolizar el metilparatión en metilparaoxón, y este último es capaz de ligarse a nervios y enzimas interfiriendo con el normal funcionamiento del sistema nervioso. La exposición breve a grandes concentraciones en el aire o agua puede causar mareos, migrañas, dificultad para respirar, diarrea, calambres, visión borrosa, sudor, pérdida del conocimiento hasta muerte. Al momento no se ha evidenciado que el metilparatión tenga efectos congénitos o que sea carcinogénico (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2016).

#### 3.4.4. ASPECTO TÉCNICO

Luego de determinar los contaminantes presentes, su concentración y distribución en el predio de Santa Elena, comenzaron las labores de remediación en 2013. La primera acción de remediación llevada a cabo entre 2013 y 2014 fue aplicando la técnica de oxidación química in situ o ISCO por sus siglas en inglés. En el año 2015 la técnica empleada fue la biorremediación combinada con ciclos de reducción química in situ o ISCR por sus siglas en inglés.

Si bien las acciones de remediación mostraron altos porcentajes de reducción de concentración de contaminantes, inclusive por debajo de las concentraciones calculadas específicas para el sitio – CCES- en algunas áreas, fue necesario realizar procesos suplementarios en otras. La necesidad de estas acciones “extra” se fundamenta en la obligación establecida al Banco por el Ministerio de

tomar como directrices de referencia para la remediación, los valores establecidos como metas preliminares de remediación (PRG).

En las tablas a continuación se presentan los valores relacionados a las PRG o RSL y los relacionados a las CCES.

*Tabla 4 Valores relacionados a PRG / RSL en lote Santa Elena y Confinamiento, adaptado de (ERM, 2011)*

COMPUESTO	PRGs / RSLs SUELO RESIDENCIAL (Residential soil) (mg/Kg)	Detecciones superiores a PRGs / RSLs (mg/Kg)		
		Total	Mínimo	Máximo
Toxafeno	0,44	53	0,49	1200
Metil Paratión	15	4	180	4300
Heptacloro epóxido	0,053	1	-	0,35
4,4'-DDT	1,7	9	<0,00031	43
4,4'-DDD	2	3	1,5	5
Gamma-BHC (Lindane)	0,52	5	0,017	2,4
Endosulfan sulfato	Sin dato	1	-	1,5

*Tabla 5 Valores relacionados a CCES en lote Santa Elena y Confinamiento, adaptado de (ERM, 2011)*

COMPUESTO	CCESs aplicables SUELO (calculados con RBCA ToolKit®) (mg/Kg)	Detecciones superiores a CCESs (mg/Kg)		
		Total	Mínimo	Máximo
Toxafeno	3,9	35	4	1200
Metil Paratión	130	4	180	4300
Heptacloro epóxido	0,48	-	-	-
4,4'-DDT	13	1		13,1
4,4'-DDD	18	-	-	-
Gamma-BHC (Lindane)	4	-	-	-
Endosulfan sulfato	No Calculada	1	-	1,5

### **PRIMERA ACCIÓN DE REMEDIACIÓN (ISCO)**

Esta técnica de remediación utiliza oxidantes fuertes para la degradación de distintos contaminantes presentes en suelo y aguas subterráneas. Entre los contaminantes más comunes tratados con esta técnica se destacan combustibles, solventes y pesticidas (USEPA, 2012). La oxidación química es un método relativamente rápido en el que el compuesto inyectado oxida los contaminantes para producir compuestos inocuos. El tiempo real de acción y obtención de



resultados varía en función del área a tratar, de la ubicación de los contaminantes (fracturas o matrices arcillosas), de la capacidad de difusión del medio y tiempo de vida del oxidante por mencionar algunos.

El agente oxidante utilizado en Santa Elena fue el persulfato de sodio activado, con adiciones de hidróxido de sodio o soda cáustica (NaOH) como regulador de acidez del suelo. Esta técnica fue aplicada en el lote y en el área de confinamiento.

Las pruebas de tratabilidad que se llevaron a cabo con anterioridad permitieron establecer la dosis de persulfato necesaria, la cantidad de agua a aplicar, la tasa de descomposición del persulfato en contacto con el suelo y la velocidad de degradación de los plaguicidas, compuestos fenólicos y VOCs en función del tiempo (ERM, 2015).

Las soluciones de oxidante y regulador de acidez se inyectaron diariamente, de acuerdo a la programación de la remediación y a los monitoreos; a través de puntos de descarga múltiples ubicados a distintas profundidades para lograr un mayor espectro de acción (ERM, 2015). En la siguiente figura se muestran las áreas tratadas con esta técnica.



Figura 13 Áreas de remediación ISCO (ERM, 2015)

Como resultado de esta primera acción se obtuvo una reducción de toxafeno de 98,5% comparado a la concentración detectada en la muestra de línea base (ERM, 2015).

### *SEGUNDA ACCIÓN DE REMEDIACIÓN (BIORREMEDIACIÓN COMBINADA CON ISCR)*

Como se mencionó, la segunda acción involucró la técnica de biorremediación combinada con reducción química in situ. La técnica de biorremediación utilizada en Santa Elena se basa en la aplicación de una enmienda mejorada. Esta tecnología se aplica para tratar suelos y sedimentos contaminados con compuestos orgánicos persistentes COPs. Esta tecnología se aplica en capas de tratamiento de una profundidad típica alcanzada por equipos de labranza; aunque puede practicarse en capas secuenciales para alcanzar mayores profundidades (USEPA, sf).

La ISCR se utiliza para tratar suelos y aguas subterráneas contaminados con líquidos densos de fase no acuosa (DNAPLs) como el tricloroetileno (TCE) y cromo metálico. Los agentes reductores más utilizados son compuestos metálicos. Las condiciones anaerobias promueven la decloración de los compuestos organoclorados. La cantidad de agua en el suelo se mantiene por debajo de su capacidad de campo, lo cual favorece la proliferación microbiana y evita la generación de lixiviados (USEPA, 2012).

El proceso que tuvo lugar en Santa Elena consistió en crear condiciones aerobias y anaerobias involucrando las siguientes actividades:

- Fase anaerobia: Aplicación de la enmienda en fase sólida, con un perfil de nutrientes y granulometría específicos para lograr condiciones anaerobias. El área en tratamiento era cubierta superficialmente con una geomembrana favoreciendo las condiciones reductoras.
- Fase aerobia: Labranza periódica para promover la difusión de oxígeno y la distribución de agua en los intersticios del suelo.
- Repetición de fases anaerobia-aerobia para lograr que los subproductos de una fase se degraden en la otra, hasta lograr un resultado satisfactorio.

Durante la fase de aplicación de la enmienda se adicionó también óxido ferroso, gallinaza y agua a fin de agotar el oxígeno y lograr condiciones reductoras dentro de la matriz de suelo. La mezcla del suelo con los compuestos mencionados fue realizada mediante arado.

A continuación se muestran las áreas tratadas con estas técnicas.



Figura 14 Áreas de biorremediación (ERM, 2015)

El porcentaje global de remoción del contaminante fue del 85% tomando como referencia la concentración residual luego de la primera acción de remediación, ISCO.



### 3.4.5. ASPECTO SOCIAL

#### *ACTIVIDADES DE SOCIALIZACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL*

A partir de febrero de 2008, previo al inicio de actividades de remediación, Bancolombia contrató a la Corporación BIOPARQUE para llevar a cabo actividades de socialización y educación ambiental con las comunidades de once barrios vecinos de Santa Elena, a la vez que daba cumplimiento a las obligaciones de capacitación establecidas por el Ministerio.

En las reuniones informativas participaron presidentes, delegados de comités de Juntas de Acción Comunal y miembros de la comunidad de los barrios situados en la zona de influencia del lote Santa Elena. En estas reuniones los temas principales fueron la historia del predio y su problemática, actividades realizadas por Bancolombia para lograr la remediación del sitio y la invitación a la comunidad para participar de los talleres de capacitación sobre distintas temáticas.

A comienzos del año 2013 la corporación, con ayuda de la fuerza policial, intervino en una situación de invasión de más de cien personas, en el lote Santa Elena. Al finalizar esta situación la corporación estableció visitas rutinarias para explicar los riesgos de habitar el lote (Corporación Bioparque, 2014).

#### *ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO*

Como se mencionó anteriormente, durante el año 2009 profesionales de la Universidad del Valle (ubicada en la ciudad de Cali) llevaron a cabo una *Evaluación de los efectos en la salud en una población vecina a una zona de enterramiento de plaguicidas en la ciudad de Cartagena de Indias*. Los objetivos específicos (O) de esta investigación y sus hipótesis asociadas (H) fueron las siguientes:

- O1: Determinar la concentración de los diferentes tipos de plaguicidas presentes en el suelo superficial del lote Santa Elena y sus emisiones al aire.
  - H1: Debido al enterramiento y deterioro de recipientes con plaguicidas a una profundidad superior a 1m, los procesos de transporte y volatilización han desplazado los contaminantes al suelo superficial y al aire de la zona de estudio.



- O2: Evaluar los niveles de plaguicidas y sus metabolitos en orina y suero en un grupo de niños de las zona expuesta y control.
  - H2: Los niños que viven en la zona expuesta y asisten al Colegio Ciudadela 2000 están expuestos a los plaguicidas enterrados en el Lote Santa Elena y esto se evidencia en los niveles de plaguicidas y metabolitos en orina y suero.
- O3: Evaluar los efectos de los plaguicidas enterrados en la salud respiratoria y neurológica de los niños entre 6 y 10 años y de los adultos mayores de 60 (poblaciones vulnerables).
  - H3: Los niños y adultos expuestos de manera crónica a concentraciones bajas a moderadas de plaguicidas tienen mayor prevalencia de síntomas bronco-obstructivos y trastornos neuro-comportamentales que las poblaciones no expuestas a estas sustancias. Además los adultos expuestos a plaguicidas tienen mayores alteraciones de la función pulmonar que las poblaciones no expuestas.
- O4: Determinar la correlación entre la percepción de riesgo ambiental y el reporte de síntomas respiratorios y neuro-comportamentales.
  - H4: Las personas mayores de 60 años que reportan síntomas respiratorios y neuro-comportamentales tienen una mayor percepción de riesgo ambiental que aquellos que reportan dichos síntomas.
- O5: Caracterizar el impacto social en la población aledaña a la zona de plaguicidas enterrados y su percepción de riesgo ambiental.
  - H5: La existencia de plaguicidas enterrados en el lote Santa Elena ha impactado negativamente a la comunidad aledaña en aspectos relaciones con los lazos comunitarios, el valor de la propiedad y el estrés psico-social. Además, existen diferencias en la percepción de riesgo en razón de la conciencia ambiental que esta población tiene.

Para los estudios de efectos en la salud, se incluyeron 4 niños y 688 adultos que cumplieran con una serie de condiciones entre las que se especificaba el tiempo de residencia en las cercanías del lote. Para la medición de biomarcadores de exposición se incluyeron 50 niños de la zona expuesta y otros 20 de la zona de control. Las áreas de muestreo con las direcciones de vientos se muestran en la figura a continuación.



Figura 15 Delimitación del lote Santa Elena y dirección de vientos (Universidad del Valle, 2009)

A continuación se presentan las conclusiones de este trabajo (Universidad del Valle, 2009):

- En el barrio y en el colegio Ciudadela 2000, próximos al lote, no se encontró evidencia de presencia de contaminación por pesticidas en el suelo.
- Se evidencia que la población del barrio Ciudadela 2000 no se encuentra expuesta, vías suelo y aire, por los pesticidas enterrados en el lote en concentraciones perjudiciales para la salud.
- No se encontró evidencia de compromiso en la salud o desempeño intelectual en la población estudiada, que sea atribuible a la exposición de los pesticidas enterrados.



UNC

Universidad  
Nacional  
de Córdoba

---

- No se evidenciaron efectos en la salud respiratoria ni neuro-comportamental de la población más susceptible del barrio, ni niveles de metabolitos en la sangre de los niños.

## 4. DISCUSIÓN Y LINEAMIENTOS DE GESTIÓN PARA SITIOS CONTAMINADOS

### 4.1. RED LATINOAMERICANA DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS (ReLASC)

Como una idea derivada de la cooperación internacional entre la GTZ Alemana y Brasil, se planteó la creación de una red latinoamericana que abordara la temática de sitios contaminados. Durante la XV Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente 2005 de América Latina y Caribe, en Caracas, Venezuela se presentó la idea por parte del Ministerio de Medio Ambiente de Brasil. A partir de agosto de 2006, quedó constituida la ReLASC - Red Latinoamericana de Prevención y Gestión de Sitios Contaminados (ReLASC, sf).

Colombia, Argentina, Brasil, México, Perú, Chile, Ecuador y Uruguay son los países asociados en esta Red junto a otras organizaciones de índole estatal y privado. ReLASC tiene por objeto fomentar la producción, difusión e intercambio de conocimientos en el ámbito de la prevención, gestión y revitalización de sitios contaminados (ReLASC, sf). Algunos países miembros de la ReLASC siguen las metodologías establecidos por la USEPA para la gestión de sitios contaminados. Varios de estos países ya han adoptado estos lineamientos dentro de su cuerpo normativo, en calidad de decretos, resoluciones y guías de actuación.

El Ministerio de Medio Ambiente de Brasil sancionó en 2008 la Resolución 420 en la cual se prevén criterios y valores guía de calidad del suelo (valores de referencia de calidad, valores de prevención y valores de investigación) y se establecen las directrices para la gestión ambiental de sitios contaminados (Schloegl, 2015).

México cuenta con una serie de Instrumentos de gestión desarrollados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT y publicados entre 2010 y 2013. Estos son Guía de Estudios de Evaluación de Riesgo Ambiental, Guía para la Caracterización de Sitios Contaminados, Guía de comunicación de riesgos en sitios contaminados, Guía de Muestras Finales Comprobatorias y el Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados (PNRSC) (Ruiz, 2015).

Entre las bases legales en Perú referidas a la gestión de sitios contaminados se destacan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelos, aprobados en 2013; Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de suelos; y legislación sectorial sobre la remediación de pasivos ambientales mineros y de hidrocarburos (Morales Quillama, 2015).



En 2006 el Servicio Nacional de Geología y Minería del Gobierno Chile en asociación con GOLDER ASSOCIATES S.A. desarrollaron el Manual de Remediación de Pasivos Ambientales Mineros – PAM. En 2009 se establece la Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes y en 2012 se publica la Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes. Estos lineamientos se han ido completando y complementando activamente (Perez Tapia, 2015).

Por su parte el Ministerio de Ambiente de Ecuador creó en 2008 el Programa de Reparación Ambiental y Social (PRAS), dirigido a promover la gestión integral de pasivos ambientales y sociales provocados por el desarrollo de actividades económicas generadas por actores públicos y privados (Mosquera Cisneros, 2015).

Uruguay aún no cuenta con normativa específica de sitios contaminados o pasivos ambientales y la normativa actual es insuficiente al no establecer criterios de calidad de suelo para los diferentes usos, agua subterránea, procedimientos, competencias y responsabilidades .A pesar de esto, entre los años 2002-2005 en el marco del Plan de Implementación del Convenio de Estocolmo se logró confeccionar una Base de Datos detallada con información de 1006 Sitios Potencialmente Contaminados (Medina, 2015).

## 4.2. SITUACIÓN EN ARGENTINA

En Argentina la gestión de sitios contaminados se asemeja mucho a la propuesta por USEPA y se asocia de manera directa con los pasivos ambientales, aunque a nivel nacional no se cuenta aún con el concepto establecido en el marco normativo. En 2006 mediante Resolución 515, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable crea el Programa para la gestión ambiental de sitios contaminados PROSICO. Dicho programa se encuentra bajo el marco establecido por la Ley General del Ambiente (Honorable Congreso de la Nación Argentina, 2002) la cual establece en el artículo 2, que *“la política ambiental nacional deberá cumplir con el objetivo de establecer procedimientos y mecanismos adecuados para la minimización de riesgos ambientales, para la prevención y mitigación de emergencias ambientales y para la recomposición de los daños causados por la contaminación ambiental”*.

El PROSICO está planteado para ser ejecutado a través de cuatro componentes. El primer componente es el diagnóstico, a partir del cual se conforma un registro georeferenciado de sitios

potencialmente contaminados de todo el territorio nacional. El segundo es el componente metodológico, el cual se resume en un manual, desarrollado de manera conjunta con jurisdicciones provinciales. El componente jurídico contempla el análisis legal y normativo a fin de lograr una gestión de sitios contaminados más eficiente y eficaz. El último componente es la difusión y capacitación, que promueve el incremento de la conciencia ambiental y el fortalecimiento institucional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2016). En las figuras a continuación se muestran el esquema general de funcionamiento del PROSICO y el esquema metodológico detallado.

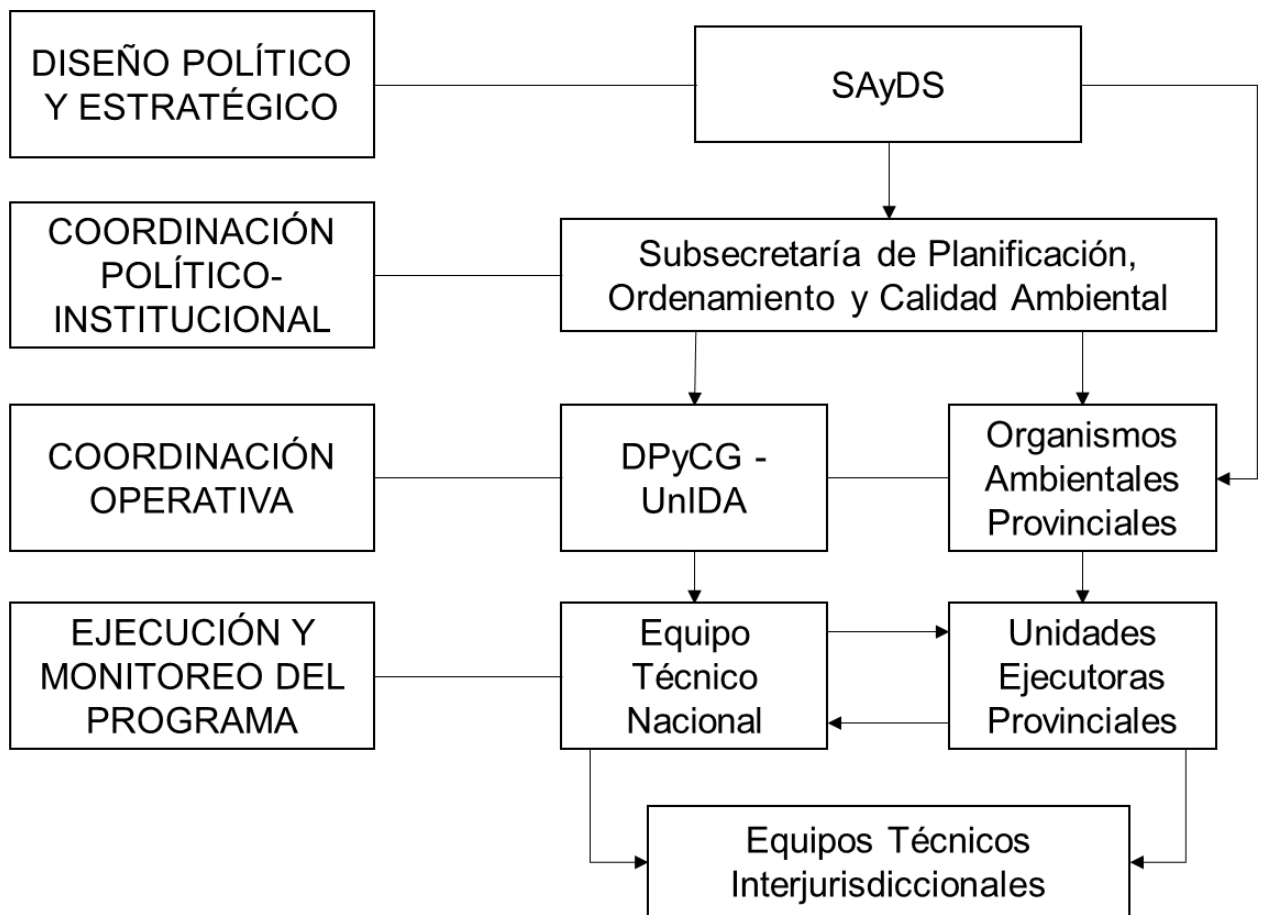


Figura 16 Esquema General de Funcionamiento del PROSICO (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación, 2006)



Figura 17 Esquema Metodológico detallado del PROSICO (Pflüger, 2007)

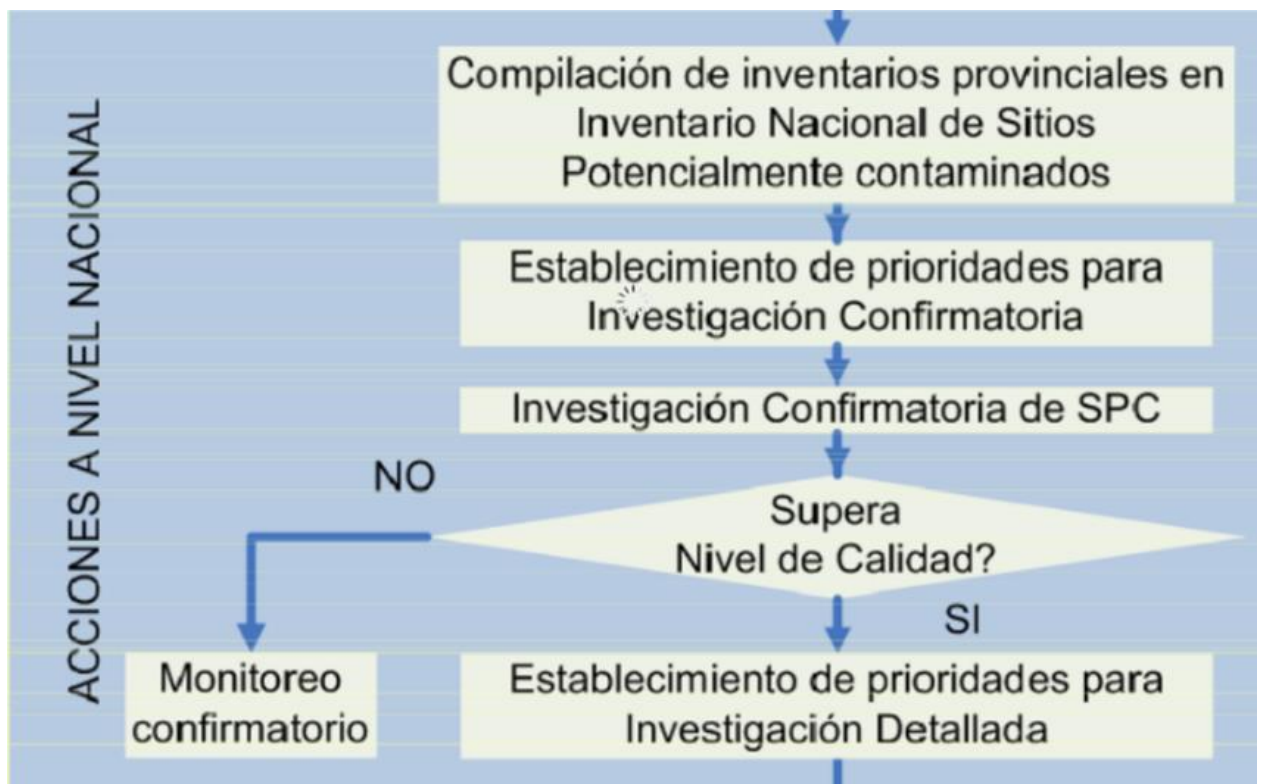


Figura 17 (cont.) Esquema Metodológico detallado del PROSICO (Pflüger, 2007)



Figura 17 (cont.) Esquema Metodológico detallado del PROSICO (Pflüger, 2007)

Hasta el momento se cuenta con un inventario de sitios en estudio, los cuales una vez caracterizados podrían formar parte de la lista de prioridades. En la Figura 18 se muestra la ubicación y naturaleza de cada sitio.



Figura 18 Sitios bajo estudio PROSICO (Pflüger, 2007)

En la práctica cotidiana los mecanismos de aplicación del programa no están reglamentados totalmente por lo que aún no se ajustan a la realidad del país. Por esto, aún se aplica la ley 24.051 de Residuos Peligrosos (1992) y su decreto reglamentario 831 (1993) en el cual se establecen niveles guía de calidad para cuerpos receptores (agua, suelo, aire) y se remite a normativa Holandesa para casos no contemplados (Pepino Minetti, 2017). Este marco regulatorio si bien se aplica, no es idóneo para estas situaciones ya que el objetivo principal es que los materiales peligrosos no lleguen a tener contacto con el medio. Cuando se trata de sitios contaminados y pasivos ambientales los contaminantes ya forman parte de la matriz del suelo y subsuelo.

A nivel provincial, Buenos Aires y Córdoba presentan el concepto de pasivos ambientales y su gestión dentro del marco normativo. Buenos Aires cuenta con la Ley 14.343 de Pasivos Ambientales que “tiene por objeto regular la identificación de los pasivos ambientales, y la obligación de recomponer sitios contaminados o áreas con riesgo para la salud de la población,



*con el propósito de mitigar los impactos negativos en el ambiente” y define a los pasivos ambientales como “el conjunto de los daños ambientales, en términos de contaminación del agua, del suelo, del aire, del deterioro de los recursos naturales y de los ecosistemas, producidos por cualquier tipo de actividad pública o privada, durante su funcionamiento ordinario o por hechos imprevistos a lo largo de su historia, que constituyan un riesgo permanente y/o potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad, y que haya sido abandonado por el responsable” (Honorable Legislatura de la Provincia de Buenos Aires, 2011).*

Entre los criterios establecidos para clasificar a un sitio como contaminado, la resolución que reglamenta esta ley (Resolución N°95/14) hace referencia a los niveles guía de calidad que se establecen en la ley 24.051 de Residuos Peligrosos. Para establecer los objetivos de remediación el decreto reglamentario se vale de los valores establecidos en el decreto reglamentario de la Ley 24.051, con la siguiente salvedad: *“cuando no existieran tecnologías apropiadas y/o limitación (ej. Físicoquímica, hidrogeológica, otra) (...) para alcanzar los objetivos (...); y se demostrara que no existen riesgos a la salud humana y al medio ambiente, a través de la presentación de un Análisis de Riesgo excepcionalmente la Autoridad podrá autorizar un plan de monitoreo, a efectos de evaluar el comportamiento de las sustancias contaminantes en el tiempo. Cuando la misma lo considere necesario podrá exigir la realización de los ensayos correspondientes, a efectos de demostrar la ineficiencia de las tecnologías disponibles o la limitación manifestada”,* introduciendo de esta manera la herramienta del análisis de riesgo (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, 2014).

Por su parte, la provincia de Córdoba introduce la temática de pasivos ambientales mediante el capítulo XVII de la Ley 10.208 de Política Ambiental, definiendo al pasivo ambiental como el *“conjunto de impactos ambientales negativos e irreversibles que impliquen el deterioro de los recursos naturales y de los ecosistemas, producidos por cualquier tipo de actividad pública o privada, durante su funcionamiento ordinario o por hechos imprevistos a lo largo de su historia, que constituyan un riesgo permanente o potencial para la salud humana, el ecosistema o la propiedad. A los efectos de la presente Ley el pasivo generado puede encontrarse indistintamente en el propio establecimiento o en terrenos adyacentes a él, públicos o privados”.* (Legislatura de la Provincia de Córdoba, 2014).

Para identificar al responsable y así establecer a quien corresponde la obligación de remediación del pasivo ambiental se lleva adelante un juicio por vicio oculto. La responsabilidad puede recaer

sobre entes privados o estatales, y cuando el sitio se declara huérfano (por ejemplo, cuando el propietario es un privado cuya razón social ya no existe) la responsabilidad de remediación recae en el estado, a través de la figura de un fondo de compensación.

Para el sector de explotación de hidrocarburos los análisis de riesgo y la gestión de pasivos ambientales y sitios contaminados constituyen una práctica cotidiana, encabezada por el Ministerio de Energía y Minería de la Nación (Pepino Minetti, 2017). Una diferencia que vale la pena destacar en las prácticas de este sector se da cuando una empresa adquiere el yacimiento, asume la responsabilidad de sanear el pasivo ambiental si hubiere. Acto seguido se realizan Estudios de caracterización del pasivo, para lo cual las empresas generalmente definen una guía metodológica. Todas las empresas tienen lineamientos similares que se basan en la normativa de la American Society for Testing and Materials – ASTM (Martínez, 2017). Como es el caso de YPF, establece su proceso de manera detallada en la Guía para la Evaluación y Recuperación de Sitios Contaminados, en la que se diferencian los siguientes capítulos: Estudios de Caracterización (Fase I y Fase II); Análisis de Riesgo (Metodología RBCA); Definición de objetivos de remediación; Evaluación de Alternativas de Remediación; y Remediación (YPF, 2014).

De igual manera que en otros sectores los resultados de caracterización y la definición de objetivos de remediación se realizan siguiendo los niveles guía de calidad establecidos en el decreto reglamentario de la Ley 24.051. Cuando técnicamente estos niveles no se ajustan a la realidad del sitio, la aplicación de normativa extranjera queda supeditada al criterio de la autoridad ambiental (Martínez, 2017). Los resultados de un análisis de riesgo (RBCA en inglés o ACBR en español) como herramienta para fijar los objetivos de remediación son aceptados por muy pocas autoridades de aplicación y sólo en algunas provincias (Arias Mahiques, Bohn, Cifuentes, & Escudero, 2015).

### 4.3. SITUACIÓN EN COLOMBIA

Para la selección de una tecnología de remediación adecuada es necesario tener en cuenta las características ambientales, geográficas, demográficas, hidrológicas y ecológicas del sitio; el tipo de contaminante, concentración y características fisicoquímicas; el tipo de suelo a tratar y sus propiedades fisicoquímicas y los costos y tiempos asociados a la tecnología seleccionada (Volke Sepúlveda & Velasco Trejo, 2002).



La selección de tratamientos oxidativos, reductivos y biológicos para la remediación del suelo de lote Santa Elena están debidamente fundamentados en casos de éxito anteriores. Diversas investigaciones han logrado demostrar que plaguicidas de baja reactividad pueden oxidarse mediante el método de oxidación con persulfato catalizado básico o BCP por sus siglas en inglés (ERM, 2011). Según Castrejón Godínez et al (2006) se han logrado aislar e identificar diversas cepas bacterianas de suelos agrícolas, lodos y cuerpos de agua contaminados con plaguicidas; contando así con material biológico susceptible de ser utilizado para la biorremediación de ambientes contaminados (Ortiz Hernández, Monterrosas Brisson, Yañes Ocampo, & Sánchez Salinas, 2016).

La perspectiva general para abordar la gestión del caso de Santa Elena fue utilizando los procedimientos aplicables del Programa de Responsabilidad, Compensación y Recuperación Ambiental conocida como Superfund o CERCLA, por sus siglas en inglés (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act). Este es un programa que el gobierno estadounidense estableció desde 1980 para limpiar, mejorar o restaurar sitios que representan o podrían representar una amenaza para la salud humana y el medio ambiente (USEPA, sf). El procedimiento general establecido por CERCLA se muestra en la Figura 19.

Sin embargo, cuando se aplican procedimientos e instrumentos de gestión cuya génesis no corresponde exactamente con el andamiaje normativo local, se corre el riesgo de encontrar dificultades en su aplicación, razón por la cual no se hizo una ejecución estricta de todos los procedimientos descritos por la norma norteamericana.



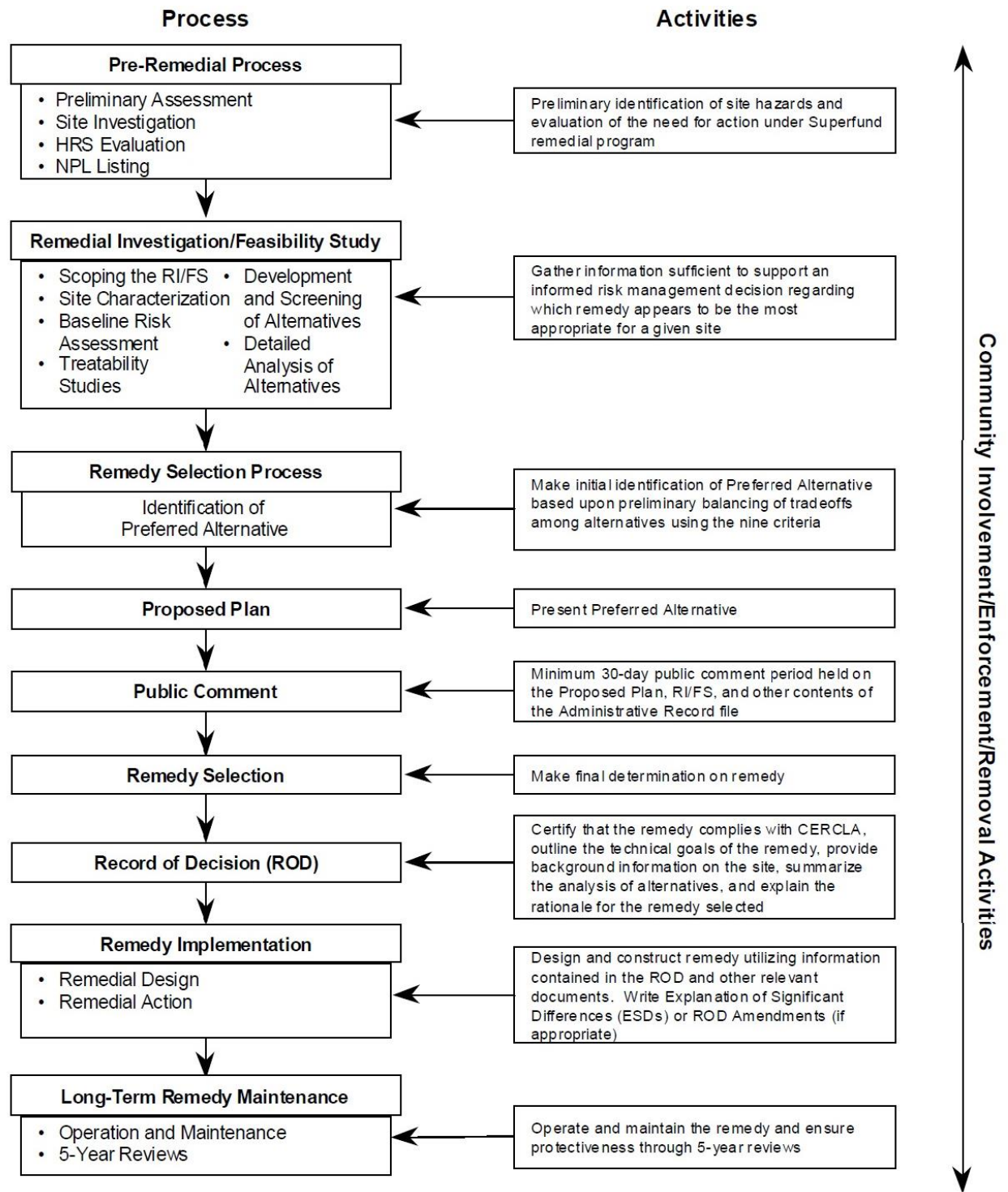


Figura 19 Proceso de Respuesta de Superfund (USEPA, 1999)

Los principales procedimientos ejecutados fueron: las evaluaciones ambientales Fase I y Fase II, análisis de riesgo (de acuerdo con metodología RBCA), ensayos de tratabilidad y procesos de remediación.

La evaluación Fase I se lleva a cabo para la determinación de la posible existencia de Pasivos Ambientales, siguiendo un proceso gradual de investigación el cual se encuentra estandarizado en la norma ASTM E1527-13 (2013). Consiste en la investigación de la historia del sitio (y otras consideraciones particulares) con el propósito de definir las posibilidades de existencia de un pasivo y, más específicamente, las denominadas Áreas de Interés Ambiental, lugares donde se identifican Condiciones Ambientales Reconocidas.

Una vez definido el potencial de existencia del pasivo y ubicadas las Áreas de Interés Ambiental, se procede con la segunda Fase (Fase II) estandarizada en la norma ASTM E1903-11 (2011) cuyo objetivo es una caracterización en campo. Se define un plan de muestreo directo para las Áreas de Interés Ambiental que pretende responder ¿Qué hay? ¿Cuánto hay? y ¿Dónde se encuentra?

Con los resultados de laboratorio se responden éstas preguntas y se realiza un Análisis de Riesgo para determinar la condición ambiental del sitio (la sola presencia del material no implica la existencia de una condición de riesgo ambiental suficiente que amerite remediación).

En el proceso de análisis de riesgos existen 3 niveles que se deben seguir. El primer nivel o Nivel 1 corresponde a la comparación de los resultados obtenidos con los límites genéricos definidos bajo condiciones conservadoras, en este caso se utilizaron las Metas Preliminares de Remediación de USEPA o PRG por sus siglas en inglés (ahora Regional Screening Levels –RSL). En el siguiente nivel se determina la existencia o ausencia de escenarios de riesgo, aplicando modelos con variables específicas que permitan identificar la interacción entre sustancias, vías de migración y de exposición y receptor. En el nivel 3 se estiman Concentraciones Calculadas Específicas para el Sitio, CCES (ERM, 2011). Del resultado del análisis de riesgo se definen la necesidad de intervención remedial y los límites de remediación a los que se debe llegar.

Cuando el resultado del análisis de riesgo indica la necesidad de remediación o saneamiento se deben llevar adelante las pruebas o ensayos de tratabilidad. Este es el primer paso para seleccionar qué técnica es la más apropiada para tratar los Compuestos o Contaminantes de Interés (CDI) y alcanzar los límites de remediación calculados (ERM, 2011). Una vez definida la técnica a aplicar se formaliza el proceso de remediación que será llevado a cabo y su monitoreo en el tiempo.

Estas instancias tomadas del proceso general de respuesta del Superfund fueron, de alguna manera, aplicadas en la gestión del pasivo ambiental encontrado en Santa Elena.



Las actuaciones para gestionar el pasivo ambiental del predio Santa Elena han sido puntuales, es decir, que las decisiones se fueron tomando de acuerdo con la situación observada y la perspectiva del profesional a cargo. En la actualidad no existe en Colombia una política o un marco normativo específico para la gestión de pasivos ambientales como el que se ha descrito, y tampoco existe un consenso reglamentario.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la Resolución 1247 de 2006, estableció la obligación al Banco de realizar la remediación del predio Santa Elena tomando como límite de remediación los Niveles de Referencia PRG (hoy RSLs). Como ya se ha mencionado, estos valores establecidos se definen bajo escenarios conservadores y para un solo tipo de uso, resultando en valores muy estrictos, mientras que los valores de las CCES representan con mayor veracidad la realidad del lugar. Esta es una gran malinterpretación técnica por parte de la Autoridad Ambiental: establecer los RSLs como metas de remediación, cuando solo deben utilizarse durante el diagnóstico y la caracterización de un sitio, sirviendo como nivel de referencia.

Cuando las concentraciones obtenidas en campo superan los RSL, se entiende que se debe evaluar el riesgo potencial que existe y no necesariamente que exista la necesidad de tomar acciones de remediación inmediatas (Uribe Jongbloed, 2016).

Como ya se ha mencionado, en el sector de hidrocarburos hay avances en la temática de análisis de riesgo y gestión de pasivos ambientales formalizados desde 1999 para la ciudad de Bogotá DC y desde 2007 a nivel nacional. En algunos casos ha sido posible que la Autoridad Ambiental permita la aplicación de estas guías en otros sectores económicos, aceptando resultados más ajustados a la realidad local.

#### 4.4. LINEAMIENTOS GENERALES PARA GESTIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS

Con base en el estudio realizado sobre el caso del Lote Santa Elena y la discusión establecida anteriormente, se presentan a continuación los lineamientos generales que se consideran necesarios para la correcta gestión de sitios contaminados en Colombia, con el objetivo principal de proteger la salud de las personas y del medio ambiente.

En primera instancia es necesario establecer los conceptos pasivo ambiental, sitio contaminado y sitio potencialmente contaminado dentro del cuerpo legal. Si bien es posible entender los conceptos de manera similar, no lo son lo mismo. Como destacan Malm Green y Murgier (2012)



todo pasivo ambiental podría resultar sitio contaminado, pero no todo sitio contaminado representaría un pasivo ambiental. El concepto de pasivo ambiental se vincula más al daño, al deterioro o deuda ambiental, mientras que el concepto de sitio contaminado se relaciona con el título de propiedad sobre el inmueble. Claramente no se puede gestionar algo que no se sabe con exactitud qué es. Es imperativo también definir y dejar claras las responsabilidades institucionales, tanto para regulación como para aplicación y control.

También es necesario definir y establecer los mecanismos y vías judiciales que permitan trazar hacia atrás la propiedad del predio o establecimiento impactado, hasta identificar a la persona u organización responsable. Para esto es necesario tener en cuenta lo que establece la Constitución Política de Colombia (Asamblea Nacional Constituyente, 1991) en el artículo 332: “*El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes*”. Actualmente las responsabilidades y sanciones en materia ambiental se rigen por la Ley 1333 de 2009 - *Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones*. Esta ley define las infracciones, los procedimientos para imposición de medidas preventivas, procedimientos sancionatorios y cuáles son las medidas preventivas y sanciones aplicables, entre otras (Congreso de la República, 2009).

Crear una figura similar al *Superfund* de USEPA capaz de identificar sitios contaminados, priorizar y realizar su remediación. Esta figura será la encargada de realizar un inventario nacional y de alimentar un sistema de información integrado de sitios contaminados y pasivos ambientales asociados. También debe contar con la facultad para recuperar los costos de la remediación por medio de acciones legales, del tipo mencionado anteriormente, contra posibles responsables de las actividades que dieron origen a la contaminación. Para los casos en que no se logre identificar un responsable, esta nueva figura solventará los costos de la remediación con fondos provenientes de multas, sanciones, u otro mecanismo que decida implementarse para la obtención de recursos. Esta figura debe considerar también la compensación de víctimas en aquellos casos en que éstas puedan ser debidamente identificadas.

Si bien este punto puede resultar el desarrollo de una política y nuevos lineamientos en sí, resulta preciso mencionarlo. Contar con las concentraciones de fondo o background levels es necesario para no caer en la tarea de remediar a niveles que están por debajo de concentraciones naturales.

Estas situaciones tienen implicancias de tipo legal también, ya que no se puede imponer la obligación de remediar por debajo de niveles de fondo al responsable (Chávez Mendoza, 2014).

Como ya se ha mencionado la caracterización del sitio, mediante estudios Fase I y Fase II, es la herramienta idónea para establecer si un sitio está o no contaminado y en caso afirmativo determinar los contaminantes, su concentración y extensión. Realizar a continuación el análisis de riesgo es de gran relevancia en la gestión, considerando que la protección de la salud humana y el medio ambiente es uno de los objetivos principales de los lineamientos. Este análisis debe ejecutarse teniendo en cuenta niveles guía de calidad y usos posibles del suelo que estén en concordancia con los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT y EOT).

Cuando se establece la necesidad de saneamiento o recuperación del sitio, se deben tomar las metas de remediación del análisis de riesgo. De esta forma se garantiza un uso más eficiente de los recursos, brindando una justificación técnica. Acto seguido a esto se determina cuál es la metodología o técnica que mejor se ajuste a las necesidades de remediación y el uso de recursos económicos, técnicos y de tiempo; realizando para esto un estudio o pruebas de tratabilidad.

Una vez determinada la metodología o técnica a aplicar es preciso elaborar el Plan de Remediación. Este plan debe contener especificaciones técnicas sobre las actividades planteadas, cronograma, especificaciones de seguridad e higiene y debe precisar también los mecanismos y/o indicadores que verifiquen el logro de las metas de remediación establecidas. Una vez definido el plan de remediación es recomendable informar a las comunidades vecinas a fin de que tengan conocimiento del proceso.

Como última instancia se plantea la ejecución de un monitoreo de verificación luego de transcurrir un año de finalizadas las actividades de remediación. Es recomendable ejecutar también un nuevo chequeo al cabo de cinco años, si el propietario lo considera relevante. Estos monitoreos pueden realizarse con el acompañamiento de la autoridad ambiental y su magnitud dependerá de las características iniciales del sitio y de los resultados de remediación; de acuerdo con los contaminantes de interés y objetivos de remediación que se hayan definido en un principio. Al finalizar la etapa de monitoreo la autoridad ambiental elaborará un acta de cierre, dando por concluidas las actividades de recuperación del sitio.

Como consecuencia de una política con este nivel de especificidad es imperativo que la autoridad ambiental de aplicación mantenga a los funcionarios y otras partes involucradas en programas de



**UNC**

Universidad  
Nacional  
de Córdoba

---

capacitación y actualización de manera periódica para asegurar la correcta aplicación e interpretación de las herramientas que fueron ya descriptas

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Los procedimientos definidos por el sector de hidrocarburos, como son la *Guía de manejo ambiental para estaciones de servicio de combustible* y el *Manual técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de derivados de hidrocarburos* en Colombia y la *Guía para la Evaluación y Recuperación de Sitios Contaminados* de YPF en Argentina, son igualmente aplicables en casos de contaminación por agroquímicos y por extensión podrían aplicarse también de manera general en otros ámbitos.

El caso del lote Santa Elena se utilizó como base para el planteo de esta propuesta debido a que durante el desarrollo del proceso al cual fue sometido se intentaron aplicar los lineamientos descritos en este documento.

En la actualidad, en Colombia, se está aplicando la legislación específica para gestión de residuos peligrosos (Decreto 4741 de 2005) para la gestión de sitios contaminados. Sin embargo, al no ser legislación idónea resulta en una gestión ineficiente y hasta errónea para estos casos. Desde hace años se reconoce el vacío reglamentario y la necesidad de una política que trate esta temática; dando lugar a que en la práctica las autoridades están empezando a aceptar procedimientos y buenas prácticas tomadas del sector petrolero y minero o bien de normativa extranjera.

El análisis de riesgo constituye una herramienta de decisión en torno al resguardo de la salud humana y del medio ambiente, cuya utilidad y aplicabilidad ya ha sido comprobada en numerosos casos exitosos. Esta herramienta está siendo poco utilizada, y hasta subestimada, tanto en Colombia como en Argentina debido a que aún no se encuentra estandarizado en el caso colombiano y en Argentina no se ha logrado articular reglamentariamente.

Si bien no todos los países miembros de la Red Latinoamericana de Prevención y Gestión de Sitios Contaminados (ReLASC) tienen un cuerpo normativo completo respecto a la gestión de sitios contaminados, varios han dado ya los primeros pasos en esa dirección. Las políticas que se van definiendo en estos países y las metodologías asociadas coinciden en muchos puntos con lo propuesto por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA).

Los lineamientos propuestos requieren ineludiblemente niveles o valores de referencia para ser utilizados como indicadores para toma de decisiones y acción, pero bajo ningún concepto estos



valores deben ser utilizados como objetivos de remediación. Si los valores de referencia se utilizaran como metas de remediación se caería en un mal aprovechamiento o utilización ineficiente de los recursos técnicos y por consecuencia también económicos.

Los lineamientos planteados en este trabajo se consideran los necesarios para lograr una adecuada gestión de los pasivos ambientales y sitios contaminados. Aquí se integran de manera general los aspectos de mayor relevancia, como son: políticos, administrativos, económicos, sociales y técnicos, destacando el análisis y manejo de riesgos. Esta propuesta pretende sentar las bases para satisfacer la necesidad planteada en el Plan Nacional de Desarrollo respecto de la formulación de una política para la gestión de pasivos ambientales.

## 5.2.RECOMENDACIONES

Se han realizado varios esfuerzos por definir políticas para tratar esta temática, pero aún es necesario aunar esfuerzos y darle continuidad a los trabajos y avances que ya se han logrado tanto desde el ámbito público como privado.

Es recomendable que los lineamientos planteados sean estandarizados y armonizados reglamentariamente de forma tal que la aplicación y resultados de dichos procedimientos sean comparables y evaluables objetivamente.

Dado que ya se están aceptando los procedimientos y buenas prácticas tomadas existentes es recomendable comenzar con la capacitación y la actualización de los funcionarios y actores involucrados para su correcta ejecución.



## 6. REFERENCIAS

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry . (octubre de 2014). Toxaphene - ToxFAQs™. Atlanta, Estado Unidos. Recuperado el marzo de 2016, de <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts94.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (septiembre de 2001). Public Health Statement. *Methyl parathion*. Estados Unidos. Recuperado el marzo de 2016, de <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp48-c1-b.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2 de marzo de 2016). Public Health Statement for Toxaphene. Estados Unidos. Recuperado el julio de 2016, de <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp94-c1.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (6 de mayo de 2016). Resúmenes de Salud Pública. *Toxafeno (Toxaphene)*. Estados Unidos. Recuperado el julio de 2016, de [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs94.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs94.html)
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (6 de mayo de 2016). Resúmenes de Salud Pública . *Metilparatión (Methyl Parathion)*. Estados Unidos. Recuperado el julio de 2016, de [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs48.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs48.html)
- Albert, L. A. (1997). Introducción a la toxicología ambiental. 359-381. México: Centro Panamericano de Ecología y Salud Humana. División de salud y ambiente. OPS y OMS.
- Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias. (septiembre de 2010). Diagnóstico del Distrito de Cartagena en Materia de Ordenamiento Territorial. *Documento Base para el Expediente Urbano Distrital*. Cartagena, Colombia. Recuperado el julio de 2016, de [http://www.cartagena.gov.co/Cartagena/secplaneacion/Documentos/pages/pot/files/diagnostico/Documento\\_Base\\_Expediente\\_Urbano.pdf](http://www.cartagena.gov.co/Cartagena/secplaneacion/Documentos/pages/pot/files/diagnostico/Documento_Base_Expediente_Urbano.pdf)
- Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias. (septiembre de 2010). Documento base para el expediente urbano distrital. Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado el mayo de 2016, de [http://www.cartagena.gov.co/Cartagena/secplaneacion/Documentos/pages/pot/files/diagnostico/Documento\\_Base\\_Expediente\\_Urbano.pdf](http://www.cartagena.gov.co/Cartagena/secplaneacion/Documentos/pages/pot/files/diagnostico/Documento_Base_Expediente_Urbano.pdf)

- Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias. (2010). Mapa Interactivo de Asuntos del Suelo. *Usos del Suelo*. Cartagena, Colombia. Recuperado el julio de 2016, de <http://midas.cartagena.gov.co/#>
- Arias Mahiques, M., Bohn, A., Cifuentes, O., & Escudero, D. (05 de octubre de 2015). Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 14.343 de pasivos Ambientales. Una Lectura Integral. Argentina. Recuperado el enero de 2017, de <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=3555>
- Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado el febrero de 2017, de <http://www.corteconstitucional.gov.co/?bTy>
- ASTM. (julio de 2011). E1903-11. *Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase II Environmental Site Assessment Process*. Estados Unidos.
- ASTM. (noviembre de 2013). E1527-13. *Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process*. Estados Unidos.
- California Department of Pesticide Regulation. (junio de 2006). Pesticida Info. *Lo que debería saber sobre los pesticidas*. California, Estados Unidos. Recuperado el marzo de 2016, de <http://www.cdpr.ca.gov/docs/dept/factshts/spanish/what-s.pdf>
- Castrejón Godínez, M., Sánchez Salinas, E., & Ortiz Hernández, M. (2006). CRECIMIENTO DE BACTERIAS AISLADAS DE SUELOS AGRICOLAS SOBRE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS COMO SUSTRATO. Cuernavaca, México: Centro de Investigación en Biotecnología. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Recuperado el febrero de 2017, de [web.uaemex.mx/Red\\_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EC/CAC-11.pdf](http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EC/CAC-11.pdf)
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. (sf). Climatología de los principales puertos del Caribe Colombiano. *Cartagena de Indias, D.T. Y C.* Colombia. Recuperado el enero de 2016, de <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/Climatologia%20Cartagena.pdf>
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. (sf). Servicios Meteorológicos. *Cartagena de Indias - Central de pronósticos*. Colombia. Recuperado el agosto de 2016, de [http://www.cioh.org.co/dev/proserv/dat\\_generales.htm](http://www.cioh.org.co/dev/proserv/dat_generales.htm)

CEPAL. (sf). Ciudad de Cartagena, Colombia. *Perfil sociodemográfico básico*. Recuperado el enero de 2016, de [http://www.cepal.org/celade/noticias/paginas/2/40392/5\\_cartagena.pdf](http://www.cepal.org/celade/noticias/paginas/2/40392/5_cartagena.pdf)

Chávez Mendoza, Á. (mayo de 2014). Nuevos Procedimientos y Obligaciones de la Gestión Ambiental Minera. *Conferencia: Alcance sobre los nuevos procedimientos y obligaciones para los Estudios de Impacto Ambiental detallados*. Perú: DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES MINEROS. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS.

Congreso de la República. (21 de julio de 2009). LEY 1333 DE 2009. *Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones*. Bogotá DC, Colombia. Recuperado el enero de 2017, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36879>

Congreso de la República de Colombia. (9 de junio de 2015). LEY 1753 DE 2015. *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país"*. Bogotá DC, Colombia. Recuperado el febrero de 2017, de [www.mincit.gov.co/descargar.php?id=78676](http://www.mincit.gov.co/descargar.php?id=78676)

Corporación Bioparque. (13 de enero de 2014). Relaciones con comunidades vecinas del predio Santa Elena. *Actividades realizadas en el marco de las obligaciones establecidas por ANLA - Informe de actividades de enero a diciembre de 2013*. Cartagena de Indias, Colombia: Incluido en Expediente LAM0021 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

CORVIVIENDA. (sf). Vivienda Nueva. Colombia. Recuperado el septiembre de 2016, de [http://www.corvivienda.online/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5&Itemid=115](http://www.corvivienda.online/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=115)

Cruz Martínez, P. M. (4 de diciembre de 2008). Al día con las Noticias. *Cartageneros afectados por invierno, estrenan casa cuatro años después*. Colombia. Recuperado el junio de 2016, de <http://www.mineducacion.gov.co/observatorio/1722/article-177768.html>

Echeverry Prieto, G. (2012). EVALUACIÓN DE RIESGO PARA LA SALUD HUMANA DE UNA POBLACIÓN VECINA A UN ENTERRAMIENTO DE PLAGUICIDAS EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS. Cali, Colombia. Recuperado el agosto de 2017, de [https://www.researchgate.net/publication/258377459\\_Evaluacion\\_de\\_Riesgo\\_para\\_la\\_Sa](https://www.researchgate.net/publication/258377459_Evaluacion_de_Riesgo_para_la_Sa)

lud\_Humana\_de\_una\_poblacion\_vecina\_a\_un\_enterramiento\_de\_plaguicidas\_en\_la\_ciudad\_de\_Cartagena\_de\_Indias

ERM. (noviembre de 2009). Estudio de Caracterización Ambiental Lote Santa Elena. *Vía Cartagena -Turbaco Troncal de Occidente frente a Parque Industrial Ternera, Cartagena, Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Incluido en Expediente LAM0021 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

ERM. (septiembre de 2009). Estudio de Evaluación Ambiental Confinamiento de Plaguicidas, Lote Santa Elena. *Vía Cartagena-Turbaco Troncal de Occidente frente a Parque Industrial Ternera, Cartagena, Colombia*. Colombia: Incluido en Expediente LAM0021 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

ERM. (julio de 2011). Resultados del Análisis de Riesgo, Prueba de Tratabilidad, y Recomendaciones para la Remediación. *Vía Cartagena-Turbaco Troncal de Occidente Frente al Parque Industrial Ternera, Cartagena, Colombia*. Colombia: Incluido en Expediente LAM0021 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

ERM. (junio de 2015). Informe Final Remediación Lote Santa Elena. *Informe Final C.14.2313*. Colombia: Incluido en Expediente LAM0021 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Grupo Bancolombia. (2011). Informe de Gestión Empresarial. *Responsables con la comunidad*. Colombia. Recuperado el marzo de 2016, de <http://www.valoresbancolombia.com/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheadername1=content-type&blobheadername2=Content-Disposition&blobheadername3=MDT-Type&blobheadervalue1=application%2Fpdf&blobheadervalue2=inline%3B+filename%3Dmyfile&blobheadervalue3=abina>

Honorable Congreso de la Nación Argentina. (8 de enero de 1992). Ley 24.051. *Ley de Residuos Peligrosos*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el enero de 2017, de <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2012/06/240511.pdf>

Honorable Congreso de la Nación Argentina. (28 de noviembre de 2002). Ley 25.675. *Ley General del Ambiente*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el enero de 2017, de [http://www.icaa.gov.ar/Documentos/Ges\\_Ambiental/LEY-25675-GENERAL-AMBIENTE.pdf](http://www.icaa.gov.ar/Documentos/Ges_Ambiental/LEY-25675-GENERAL-AMBIENTE.pdf)

Honorable Legislatura de la Provincia de Buenos Aires. (23 de noviembre de 2011). LEY 14343.

La Plata, Argentina. Recuperado el enero de 2017, de <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-14343.html>

IDEAM. (2014). Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través del análisis de componentes principales (ACP). Colombia. Recuperado el agosto de 2016, de <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/clima/colombia/regionalizacion-colombia.pdf>

INGEOMINAS. (1998). Geología de la Plancha 29-30 Arjona. *Escala 1:100.000*. Colombia.

Instituto Colombiano de Agricultura. (sf). Restricciones, prohibiciones y suspensión de registros de plaguicidas de uso agrícola en Colombia. Colombia. Recuperado el abril de 2016, de <http://www.ica.gov.co/getdoc/b2e5ff99-bd80-45e8-aa7a-e55f0b5b42dc/PLAGUICIDAS-PROHIBIDOS.aspx>

Legislatura de la Provincia de Córdoba. (11 de junio de 2014). Ley 10.208. *POLÍTICA AMBIENTAL PROVINCIAL*. Córdoba, Argentina.

Malm Green, G., & Murgier, A. (18 de julio de 2012). Doctrina del día: la nueva ley de pasivos ambientales de la provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el febrero de 2017, de <http://thomsonreuterslatam.com/2012/07/18/doctrina-del-dia-la-nueva-ley-de-pasivos-ambientales-de-la-provincia-de-buenos-aires/#sthash.s1oJlu0e.dpuf>

Martínez, R. (19 de enero de 2017). Entrevista Personal. Catriel, Río Negro, Argentina.

Medina, G. (noviembre de 2015). SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTION DE SITIOS CONTAMINADOS EN URUGUAY. *Seminario Internacional "Sitios Contaminados y Minería" de la Red Latinoamericana de Prevención y Gestión de Sitios Contaminados (RELASC)*. Lima, Perú. Recuperado el enero de 2017, de [www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-11-URUGUAY.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-11-URUGUAY.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (1 de junio de 2016). Control ambiental e infracciones. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el enero de 2017, de <http://ambiente.gob.ar/control-y-monitoreo-ambiental/control-ambiental-e-infracciones/>

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). DEFINICIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES. Bogotá DC, Colombia. Recuperado el enero de 2017, de [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Pasivos\\_Ambientales/herramientas\\_pasivos\\_ambientales.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Pasivos_Ambientales/herramientas_pasivos_ambientales.pdf)
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación. (2006). Resolución 515/2006. *Créase el Programa para la Gestión Ambiental de Sitios Contaminados en el ámbito de la citada Secretaría. Objetivos*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el enero de 2017, de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/115000-119999/116979/norma.htm>
- Morales Quillama, V. (23 de noviembre de 2015). Gestión de los Sitios Contaminados en el Perú Situación actual. Lima, Perú. Recuperado el enero de 2017, de [www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-2-MINAM-PERU.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-2-MINAM-PERU.pdf)
- Mosquera Cisneros, M. (noviembre de 2015). La gestión de Sitios Contaminados en el Ecuador. *Situación Actual*. Lima, Perú. Recuperado el enero de 2017, de [www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-5-ECUADOR.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-5-ECUADOR.pdf)
- Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. (18 de diciembre de 2014). Resolución N°95/14. La Plata, Argentina. Recuperado el enero de 2017, de <http://www.opds.gba.gov.ar/index.php/leyes/ver/339>
- Ortiz Hernández, M., Monterrosas Brisson, M., Yañes Ocampo, G., & Sánchez Salinas, E. (2016). BIODEGRADATION OF METHYL-PARATHION BY BACTERIA ISOLATED OF AGRICULTURAL SOIL. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Recuperado el febrero de 2017, de <http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/25524/24069>
- Pepino Minetti, R. (9 de enero de 2017). Entrevista Personal. Córdoba, Argentina.
- Perez Tapia, M. (noviembre de 2015). GESTIÓN DE SUELOS CON POTENCIAL PRESENCIA DE CONTAMINANTES Y SUELOS CONTAMINADOS. Lima, Perú. Recuperado el enero de 2017, de [www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-8-CHILE.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-8-CHILE.pdf)

Pflüger, L. (5 al 7 de noviembre de 2007). PROGRAMA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE SITIOS CONTAMINADOS (PROSICO). V *SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE REMEDIACIÓN Y REVITALIZACIÓN DE AREAS CONTAMINADAS*. San Pablo, Brasil.

Presidencia de la Nación Argentina. (03 de mayo de 1993). Decreto Nacional 831/93. *Decreto Reglamentario de la Ley 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el enero de 2017, de [http://www2.medioambiente.gov.ar/mlegal/residuos/dec831/dec831\\_93.htm](http://www2.medioambiente.gov.ar/mlegal/residuos/dec831/dec831_93.htm)

ReLASC. (sf). DECLARACION DE PRINCIPIOS. *Red Latinoamericana de Prevención y Gestión de Sitios Contaminados (RELASC)*. São Paulo, Brasil. Recuperado el enero de 2017, de [www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2007/08/Declaração.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2007/08/Declaração.pdf)

ReLASC. (sf). Nuestra Historia. Lima, Perú. Recuperado el enero de 2017, de <http://www.relasc.org/nuestra-historia/>

Ruiz, U. (noviembre de 2015). La Gestión de la Remediación y Reutilización de sitios contaminados en México. *SEMINARIO INTERNACIONAL DE LA RED LATINOAMERICANA SOBRE PREVENCIÓN Y REMEDIACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS (RELASC)*. Lima, Perú. Recuperado el enero de 2017, de [www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-4-MEXICO.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-4-MEXICO.pdf)

Salvarrey, A., & Gristo, P. (Mayo de 2005). Capacidades y casos relevantes en la gestión de plaguicidas obsoletos y sitios contaminados en América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. Recuperado el noviembre de 2016, de [http://archive.basel.int/centers/proj\\_activ/tctf\\_projects/012.pdf](http://archive.basel.int/centers/proj_activ/tctf_projects/012.pdf)

Schloegl, M. (noviembre de 2015). LA GESTIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS EN EL ESCENARIO BRASILEÑO. Lima, Perú. Recuperado el enero de 2017, de [www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-6-BRASIL.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-6-BRASIL.pdf)

Sourdis Nájera, A. (junio de 2008). Cartagena de Indias, visión panorámica. 222. Colombia: Revista Credencial Historia. Recuperado el agosto de 2016, de <http://www.banrepcultural.org/revista-91>

U.S. Fish and Wildlife Service. (5 de febrero de 2013). Rachel Carson Biography. Estados Unidos. Recuperado el abril de 2016, de [http://www.fws.gov/refuge/Rachel\\_Carson/about/rachelcarson.html](http://www.fws.gov/refuge/Rachel_Carson/about/rachelcarson.html)

Universidad del Valle. (2009). Evaluación de los efectos en la salud en una población vecina a una zona de enterramiento de plaguicidas en la ciudad de Cartagena de Indias. Cali, Colombia: Incluido en Expediente LAM0021 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Universidad del Valle. (2009). Grupo Epidemiología y Salud Poblacional. *Boletín 2009*. Cali, Colombia. Recuperado el noviembre de 2016, de [http://grupogesp.org/files/BOLETIN1\\_2009.pdf](http://grupogesp.org/files/BOLETIN1_2009.pdf)

Unsworth, J. (10 de mayo de 2010). HISTORY OF PESTICIDE USE. Recuperado el marzo de 2016, de [http://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com\\_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31](http://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31)

Uribe Jongbleod, A. (2007). Informe Final Fase I. Colombia: Incluido en Expediente LAM0021 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Uribe Jongbloed, A. (febrero de 2016). Informe sobre proceso de remediación en el lote Santa Elena, Cartagena de Indias. Colombia: Uribe Torres Consultores S.A.S. Incluido en Expediente LAM0021 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

USEPA. (julio de 1999). A GUIDE TO PREPARING SUPERFUND PROPOSED PLANS, RECORDS OF DECISION, AND OTHER REMEDY SELECTION DECISION DOCUMENTS. Estados Unidos. Recuperado el diciembre de 2016, de [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/rod\\_guidance.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/rod_guidance.pdf)

USEPA. (septiembre de 2012). A Citizen's Guide to In Situ Chemical Reduction. Estados Unidos. Recuperado el abril de 2016, de <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100F9WU.PDF?Dockey=P100F9WU.PDF>

USEPA. (septiembre de 2012). Guía del ciudadano sobre la oxidación química in situ. Estados Unidos. Recuperado el abril de 2016, de <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100KDGX.PDF?Dockey=P100KDGX.PDF>



USEPA. (sf). Bioremediation Using DARAMEND® for Treatment of POPs in Soils and Sediments. Estados Unidos. Recuperado el abril de 2016, de <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1003FHN.PDF?Dockey=P1003FHN.PDF>

USEPA. (sf). Preguntas frecuentes. Estados Unidos. Recuperado el diciembre de 2016, de [https://cumulis.epa.gov/superapps/index.cfm/fuseaction/faqs.viewAnswer/lang/SP/question\\_id/249/category\\_id/28/faqanswr.cfm](https://cumulis.epa.gov/superapps/index.cfm/fuseaction/faqs.viewAnswer/lang/SP/question_id/249/category_id/28/faqanswr.cfm)

Volke Sepúlveda, T., & Velasco Trejo, J. (2002). Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Mexico DF, Mexico: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). Recuperado el enero de 2017, de [www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/372.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/372.pdf)

YPF. (8 de mayo de 2014). Guía para la Evaluación y Recuperación de Sitios Contaminados. Argentina.