

Refutación del Procedimiento Empleado por el Sr. Cabrera para Determinar la Supuesta Necesidad de Remediación y sus Costos.

Elaborado por: Robert E. Hinchee
Socio Ingeniero
Integrated Science and Technology
Panacea, Florida, USA

El Dr. Hinchee es ingeniero ambiental con doctorado en ingeniería civil y ambiental de Utah State University y es experto en la evaluación y remediación de sitios contaminados con petróleo. Ha trabajado en el negocio de la evaluación de la contaminación y la remediación durante más de 30 años y ha participado en la caracterización y remediación de más de 1000 sitios en todo el mundo. A manera de ejemplo, se ha desempeñado como Director Técnico encargado de supervisar la caracterización y remediación del derrame del pozo petrolero Trecate cercano a Milán, Italia. El reventón del pozo provocó derramó 15.000 metros cúbicos que contaminaron aproximadamente 7 kilómetros cuadrados en tierras agrícolas hasta profundidades de más de un metro en algunos lugares. Dicho proyecto de remediación fue el más grande en la historia de Europa y tuvo como resultado el restablecimiento de las tierras para uso agrícola. Además ha trabajado en Arabia Saudita y Kuwait en la caracterización y elaboración de enfoques de remediación y estimados de costos para el manejo de los centenares de kilómetros cuadrados de tierras y costas contaminadas con crudo como consecuencia de las acciones iraquíes en la Guerra del Golfo de 1991, el derrame de crudo de mayor magnitud en la historia. En tal capacidad, atestigüo ante las Naciones Unidas y brindó apoyo técnico a dicha entidad. Además, ha sido autor, co-autor, editor, y co-editor de numerosas publicaciones, las cuales incluyen más de 25 libros tales como *Hydrocarbon Bioremediation and Cost-Effective Remediation and Closure of Petroleum-contaminated Sites* [Biorremediación de Hidrocarburos y Remediación y Cierre Costo-Eficientes de Emplazamientos Contaminados con Petróleo]. Es editor y fundador de la revista especializada *Journal of Bioremediation*. En el Anexo 1 se incluye su hoja de vida completa.

Firma:

Fecha:

RESUMEN EJECUTIVO

El estimativo de costos de remediación de Richard Cabrera adolece de fallas en dos aspectos fundamentales: en primer lugar, resulta evidente que su opinión es sesgada puesto que ignora la información disponible y se basa en fuentes no pertinentes o poco confiables; y, en segundo lugar, demuestra una falta de conocimiento sobre la remediación de campos petroleros y del costo que ello implica.

Petroecuador ha reconocido reiteradamente que la limpieza de todas las piscinas y los derrames en sus áreas de operaciones actuales (incluyendo la antigua concesión Petroecuador-Texaco) está a su cargo. El Sr. Cabrera tenía conocimiento, o debería tenerlo, sobre las relaciones contractuales entre Texpet y el Estado Ecuatoriano, conforme a las cuales se le asignaron a Texpet ciertas labores de remediación específicas. Texpet efectuó la remediación de su parte de las piscinas de los campos petroleros y dichos trabajos de remediación fueron aprobados y aceptados por el Estado Ecuatoriano en 1998. No obstante ello, el Sr. Cabrera se niega a reconocer este hecho y le atribuye la responsabilidad de la remediación en su totalidad a Texpet. El Sr. Cabrera tampoco reconoce del todo el programa de limpieza en curso, iniciado por Petroecuador a través del programa PEPDA (Proyecto Eliminación de Piscinas en el Distrito Amazónico). Existen informes y cartas del PEPDA, de conocimiento público, que son evidencia adicional de que la responsabilidad de la remediación no le compete a Texpet. La experiencia del PEPDA constituye, además, la mejor fuente de información de los costos efectivos de remediación de que se dispone.

El Sr. Cabrera demuestra su falta de conocimiento sobre las prácticas y los costos de remediación en el enfoque que adopta para calcular dichos costos. Emplea un enfoque deficiente al elaborar el estimativo de costos, el cual excede en mucho los costos reales de las obras de remediación en curso y las ejecutadas recientemente en el Oriente ecuatoriano y en otras partes del mundo. Por ejemplo, sus costos para la remediación de piscinas son mucho más altos que lo que desembolsa el PEPDA en la actualidad para remediar las piscinas en cuestión. Además, el mismo informe del Sr. Cabrera está plagado de incongruencias y contradicciones. Por ejemplo, en la parte principal de su informe, afirma que el costo de remediación del suelo ascendería a US\$1700 millones, mientras que en el Anexo N (“Costos de Remediación del Suelo”) afirma que el costo de remediar los suelos sería de \$1850 millones y en el Anexo T (“Enriquecimiento Injusto”) afirma que la remediación del suelo costaría \$162 millones. Por todos los motivos citados, los costos de remediación estimados por el Sr. Cabrera no son nada confiables y no deben tomarse en cuenta.

En el año 2002, Petroecuador creó un programa de remediación de campos petroleros denominado PEPDA. Desde junio de 2005, Petroecuador ha venido trabajando activamente en la remediación de piscinas, derrames y otros pasivos ambientales en campos petroleros, con miras a completar la remediación de la totalidad de las piscinas en el área de la antigua Concesión para el año 2010¹. En el Informe Anual del PEPDA para 2007, se afirma que el PEPDA ha remediado o está en proceso de remediar 156² de las 370³ piscinas restantes en el área de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco. Por lo tanto, Petroecuador asevera que quedan 214 piscinas en el área de la antigua Concesión que

¹ PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre.

² Según la casilla 3 en la página 26 y la casilla 9 en la página 34, el PEPDA ha remediado o está en proceso de remediar 156 piscinas en el área de la antigua concesión (54 en el campo Sacha, 34 en el campo Shushufindi, 31 en el campo Auca y 37 en el campo Lago Agrio). Según las cifras que aparecen al final del texto principal del informe, la cifra es 148 (54 en el campo Sacha, 37 en el campo Shushufindi, 19 en el campo Auca, 16 en el campo Lago Agrio, 8 en los campos Yuca/Rumiyacu/Cononaco/Yulebra y 14 en el campo Guanta).

³ Baca, Ernesto. 2008. Respuesta al Sr. Cabrera en Relación a su Evaluación del Programa de Remediación de Piscinas de Petroecuador (PEPDA).

requieren obras de remediación, y no 749 como afirma el Sr. Cabrera. El PEPDA tiene por objeto remediar las 214 piscinas restantes⁴, a un costo total de \$18,2 millones.

El trabajo de remediación en curso por el PEPDA define claramente los costos de remediación, si bien el Sr. Cabrera parece haber ignorado los informes y la correspondencia del PEPDA al elaborar sus estimativos de costos. En lugar de ello, adopta un enfoque indefendible e inexacto para llegar al número total de piscinas y a un costo total para remediar un subconjunto no especificado de piscinas que él afirma haber identificado. Afirma que el 80% de las piscinas en los campos petroleros y un 100% de las piscinas en las estaciones de producción requieren remediación, para un total de 749 piscinas (según el Anexo H), lo cual significa más de US\$2,27 millones por piscina, basado en su costo de remediación total de US\$1700 millones. Por otra parte, Petroecuador—a través del PEPDA—señala en su Informe Anual para 2007⁵ que la empresa estaba en proceso de remediar las piscinas a un costo de US\$85.000 por piscina, cumpliendo con todas las disposiciones de la ley ecuatoriana que rige a la industria hidrocarburífera, el RAOH (Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas) y el Decreto Ejecutivo 1215 (en adelante denominado DE 1215). Dicho costo promedio no incluye el valor del crudo que se recupera de las piscinas durante la remediación. El PEPDA tiene una recuperación promedio de crudo de 1200 barriles/mes desde diciembre de 2005, el cual se suma a la producción nacional.⁶

Según el Estado Ecuatoriano, el objetivo del PEPDA consiste en “...eliminar todas las piscinas contaminadas en sus áreas de operación.”⁷ El PEPDA cuenta con la aprobación y el apoyo de la DINAPA (Dirección Nacional de Protección Ambiental), así como del actual presidente del Ecuador, Sr. Rafael Correa Delgado. En la Tabla 1 se presenta el presupuesto propuesto para el proyecto de remediación PEPDA en su conjunto, desde 2005 hasta 2010, inclusive.

En su informe el Sr. Cabrera comete numerosos errores y plantea incoherencias en la descripción de los costos de remediación. Sus errores, que se tratarán más adelante, pueden agruparse en los siguientes temas:

1. Costo unitario de remediación por piscina y costo unitario por metro cúbico de remediación de suelos.
2. Número de piscinas que requieren remediación.
3. Tamaño (superficie) de las piscinas a remediar.
4. Profundidad de piscinas y volumen del suelo a remediar.

⁴ PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*

⁷ Oficio de fecha 14 de noviembre de 2007, firmado por el Subsecretario de Protección Ambiental del Ministerio de Energía y Minas, dirigido al Presidente de la Corte Superior de Nueva Loja con relación a la remediación realizada por Petroecuador a través del PEPDA.

Tabla 1. Presupuesto propuesto por el PEPDA para la duración del proyecto, desde junio de 2005 hasta 2010⁸.

Problema ambiental	Cantidad	Costo (US\$ 2007)	Costo Unitario (US\$ 2007)
Piscinas	550	46.750.000	85.000
Fosas	870	8.700.000	10.000
Imprevistos – limpieza y remediación de derrames	141	42.300.000	300.000
Limpieza y remediación de sólidos de tanques y piscinas API	44	19.800.000	450.000
Biotratamiento de agua y residuos de las estaciones de producción	9	3.600.000	400.000
Costo Total:		\$121.150.000	

Los costos de remediación del PEPDA coinciden con el costo estándar de la industria y constituyen el cálculo más preciso y correcto de lo que costaría la remediación. El Informe Anual del PEPDA para 2007⁹ contiene un desglose detallado de los costos de remediación, que incluyen la remediación de piscinas, derrames, tratamiento y recuperación de crudo degradado, personal, alquiler de equipo pesado, un laboratorio de monitoreo biológico, equipos de computación y estudios de línea base. En su estimativo de costos, el Sr. Cabrera está muy por encima de los costos del PEPDA y del costo de trabajos de remediación similares en cualquier parte del mundo, pero además no suministra detalle alguno de las bases de sus cálculos. También resulta significativo que presenta incongruencias en su propio informe, en el cual estima un costo de US\$162 millones en el Anexo T, aproximadamente una décima parte del costo planteado en el texto principal de su informe. Ninguno de los estimativos de costo del Sr. Cabrera es válido y no pueden considerarse confiables. El Sr. Cabrera parece carecer de conocimientos básicos sobre la remediación de hidrocarburos y el costo que ello implica.

Se supone que, a no ser que se afirme lo contrario, los costos citados por el Sr. Cabrera se expresan en dólares estadounidenses de 2008. En el presente informe, cuando se presentan comparaciones de costos de diferentes años, los costos citados se convirtieron a dólares estadounidenses de 2008 utilizando la calculadora del Índice de Precios al Consumidor (IPC) del banco de la Reserva Federal estadounidense.¹⁰

⁸ PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre.

⁹ *Ibid.*

¹⁰ <http://woodrow.mpls.frb.fed.us/research/data/us/calc/>

1.0 ESTRUCTURA DEL PRESENTE INFORME

En la Sección 2.0 se presenta un resumen de la información contenida en el Informe del Sr. Cabrera, en relación con sus estimativos de costos de remediación de suelos. La Sección 3.0 es un resumen del programa de remediación actual de Petroecuador: PEPDA. En la Sección 4.0 se presenta una evaluación crítica de los supuestos, cálculos y las fuentes de datos del Sr. Cabrera, con especial énfasis en los siguientes cuatro temas:

1. Costo unitario de remediación por piscina y costo unitario por metro cúbico de remediación de suelos.
2. Número de piscina que requieren remediación.
3. Tamaño (superficie) de las piscinas a remediar.
4. Profundidad de piscinas y volumen del suelo a remediar.

La Sección 5.0 es un resumen del análisis del estimativo de costos de remediación del suelo presentado por el Sr. Cabrera. Adicionalmente, se presentan los siguientes cuatro Anexos para sustentar el presente análisis:

- Anexo 1. Hoja de vida del Dr. Robert E. Hincee
- Anexo 2. Resumen del alcance, la metodología y los logros del PEPDA
- Anexo 3. Evaluación de la base de los costos unitarios de remediación del Sr. Cabrera que figuran en el Anexo N

2.0 RESUMEN DEL ESTIMATIVO DE COSTOS DEL SR. CABRERA Y SUPUESTOS A LA BASE DE ÉSTOS

El Informe Pericial del Sr. Cabrera contiene información contradictoria sobre el costo de remediación de un subconjunto no especificado de las supuestas 916 ó 917 piscinas que dice existen en el área de la antigua concesión Peroecuador-Texaco. En la parte principal de su informe afirma que la remediación de suelos tendría un costo de \$1700 millones, mientras que en el Anexo N (“Costos de Remediación del Suelo”) afirma que el costo de remediar los suelos sería de \$1850 millones, y en el Anexo T (“Enriquecimiento Injusto”) afirma que la remediación del suelo costaría \$162 millones¹¹. El número total de supuestas piscinas en que basa los tres estimativos de costo es básicamente el mismo (916 ó 917). Las diferencias de costo se derivan de falta de coherencia en los costos unitarios de remediación de suelos, las áreas de las piscinas y la profundidad del suelo a remediar (véase la Tabla 2). El Sr. Cabrera no parece haberse percatado de estas contradicciones en los costos de remediación, dado que nunca los comenta ni intenta reconciliarlos en su informe.

Tabla 2. Resumen del estimativo de costos de remediación de piscinas y supuestos subyacentes del Sr. Cabrera

Supuestos del Sr. Cabrera	Informe	Anexo H	Anexo N	Anexo T
Costo de remediación de piscinas	\$1.700 millones (Sección 6.3.1)	No se incluye en el alcance de este Anexo	\$1.852 millones	\$162 millones
Número de pozos	No se incluye	318	No se incluye	345
Número de piscinas	916	916 (81 en estaciones, 835 en pozos)	917 (89 en estaciones, 828 en pozos)	917
Número de piscinas que requerirían remediación	749 (total piscinas en estaciones, 80% de piscinas en pozos)	749 (total piscinas en estaciones, 80% de piscinas en pozos)	751 (total piscinas en estaciones, 80% de piscinas en pozos)	917
Área de todas las piscinas	769.000 m ²	754.929 m ²	769.000 m ²	768.016 m ²
Área de piscinas que requerirían remediación	631.000 m ²	No se presenta en este Anexo	631.000 m ²	768.016 m ²
Área adicional de 50% ¹	316.000 m ²	No se presenta en este Anexo	316,000 m ²	Sin el área adicional
Área total de suelos que requerirían remediación, incluyendo el 50% de área adicional.	947.000 m ²	No se presenta en este Anexo	947,000 m ²	768.016 m ² (sin el area adicional)
Costo unitario	\$448/m ³	No se presenta en este Anexo	\$489/m ³	\$70,48/m ³
Profundidad promedio de las piscinas	4 metros	No se presenta en este Anexo	4 metros	2 metros

¹: El Sr. Cabrera supuso sin base que un área adicional correspondiente al 50% del área de las piscinas requeriría remediación.

¹¹ En el Anexo T el Sr. Cabrera estima cual habría sido el costo del tratamiento de residuos provenientes de la perforación y/o producción. Utiliza procesos de tratamiento adecuados y volúmenes basados en las piscinas, lo que hace que esta estimación sea similar al costo de remediación de suelos.

En las siguientes secciones del informe, se tratarán en detalle los muchos errores e incongruencias referentes al número total de piscinas existentes, el número de piscinas que pudieran requerir remediación, el costo unitario de la remediación, las áreas de las piscinas, el área adicional alrededor de las piscinas (el 50% del área de cada piscina que el Sr Cabrera añadió sin base a sus cálculos), así como la profundidad de las piscinas. Sin embargo, los errores más graves del señor Cabrera son su incapacidad para evaluar con precisión la remediación realizada por Texpet y PEPDA, así como los costos actuales en Ecuador y en el resto del mundo para la remediación de piscinas y derrames de crudo en campos petroleros. En la siguiente sección se resume el proyecto de remediación en curso por Petroecuador, que comenzó en 2005, y en el Anexo 2 se presentan otros detalles sobre esta enorme labor de remediación.

3.0 PROYECTO ELIMINACIÓN DE PISCINAS EN EL DISTRITO AMAZÓNICO (PEPDA)

Petroecuador propuso y diseñó la creación del PEPDA en 2002 para remediar todas las piscinas de los campos petroleros en el área de la antigua Concesión, así como en otras áreas en que opera Petroecuador.¹² La propuesta del PEPDA, inclusive su alcance, los objetivos de la remediación y las tecnologías de remediación fueron aprobados oficialmente por la DINAPA en carta con fecha de 28 de octubre de 2002, la cual presentó Petroecuador a la Corte Superior de Nueva Loja. Las operaciones del PEPDA comenzaron el 1º de junio de 2005 en el campo Sacha y los planes previstos según el Informe Anual de 2007 consisten en completar todos los trabajos de remediación en el área de operaciones de Petroecuador para el año 2010¹³. Los cuatro objetivos principales del PEPDA se definen en su más reciente Informe Anual y se citan textualmente a continuación¹⁴:

1. Eliminar todas las piscinas contaminadas existentes en el Distrito Amazónico, en forma prioritaria las piscinas abiertas con contenido de desechos de hidrocarburos, posteriormente las piscinas abiertas con contenido de agua y las piscinas taponadas con crudo y lodos de perforación.
2. Rehabilitar y repotenciar la Planta de Tratamiento y Recuperación de Crudo Intemperizado - PTRCI, para su correcto funcionamiento y operación.
3. Intervenir en la contingencia, control, limpieza y remediación de derrames de petróleo y sus derivados, utilizando tecnologías actuales de biorremediación.
4. Aplicar tratamientos de descontaminación a sedimentos de tanques de las estaciones de producción, de plantas de reinyección y tratamiento de agua y confinamiento final de desechos sólidos.

En un suplemento del diario *El Comercio*¹⁵, Petroecuador declaró públicamente en octubre de 2006 que su objetivo consistía en remediar todas las piscinas restantes en el área de la antigua Concesión. La empresa reafirmó su compromiso de remediar todas las piscinas en campos petroleros en su Informe Anual de diciembre de 2007, al afirmar que el PEPDA "...se encarga de la remediación y la limpieza de los pasivos ambientales en el Distrito Amazónico."¹⁶ La DINAPA aprueba cada una de las piscinas remediadas por el PEPDA en un Acta Final, y afirma que el PEPDA ha cumplido con todos los límites regulatorios pertinentes¹⁷ y el mismo Presidente de Ecuador, Rafael Correa Delgado

¹² La propuesta inicial de remediar 14 piscinas en el campo Sacha se le presentó al Ministerio de Energía y Minas mediante el oficio No. 4745-PRT-OPE-2002 fechado 12 de agosto de 2002

¹³ PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre.

¹⁴ PEPDA, 2007: 9. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre.

¹⁵ "Petroproducción Eliminará 264 Piscinas con Desechos en la Amazonia," Suplemento de Petroecuador, publicado 5 de octubre de 2006, *El Comercio*

¹⁶ PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre, p. 3.

¹⁷ Hay ejemplos en los informes de remediación específicos para cada emplazamiento para Sacha-14, -15, -32 y -78 en el Anexo 2.

ha apoyado el proyecto y sus costos: en mayo de 2007 afirmó que: "...existe capacidad técnica de expertos nacionales para hacer la remediación y a un costo inferior a lo que realiza la empresa privada."¹⁸

Por lo tanto, resulta sorprendente que el señor Cabrera opte por ignorar los numerosos informes y documentos que ha presentado Petroecuador a la Corte Superior relacionados al alcance, el cronograma, las tecnologías de remediación, los niveles de limpieza y los costos de remediación detallados del PEPDA. Prácticamente todo lo que afirma el señor Cabrera sobre el PEPDA es incorrecto. Por ejemplo, cita erróneamente y tergiversa los parámetros de vertimiento y de remediación cuyo cumplimiento se le exige al PEPDA conforme al DE 1215 y plantea críticas sin fundamento sobre las tecnologías de remediación empleadas por el PEPDA. Éstos y otros errores se tratarán en mayor detalle más adelante.

Tecnologías de remediación empleadas. El señor Cabrera critica las tecnologías de remediación empleadas por el PEPDA y menciona otros posibles métodos, recomendando la biorremediación como la mejor alternativa. Sin embargo, el señor Cabrera erradamente sugiere que el PEPDA está utilizando el lavado del suelo como su *único* método de remediación, cuando de hecho, el PEPDA utiliza el lavado del suelo a lo largo de los costados y en el fondo de las piscinas excavadas, mientras que todo el suelo que está por encima de los límites agrícolas del DE 1215 se retira del emplazamiento para su biorremediación mediante landfarming (véanse más detalles en el Anexo 2). La biorremediación es la misma tecnología que el señor Cabrera recomienda para la remediación de piscinas en su informe.

El PEPDA ha documentado su tecnología de remediación en fotografías que ilustran el proceso y en informes detallados que el Programa ha puesto a disposición del público. Uno de estos informes (para la piscina 1 de SA-14) fue citado por el señor Cabrera, pero desafortunadamente ignoró la mayoría de la información contenida en dicho informe, u optó por tergiversarla.

Límites regulatorios empleados por la DINAPA para el PEPDA. El señor Cabrera critica los parámetros de remediación del PEPDA pero, por sus críticas, resulta evidente que ha ignorado la documentación del PEPDA presentada a la Corte. Para la remediación de piscinas bajo el PEPDA, se le exige a Petroecuador cumplir con el DE 1215 para usos agrícolas del suelo. El DE 1215 fue promulgado en el año 2001, tres años después de que Texpet fuera eximida de todas las obligaciones y responsabilidades futuras relativas a la remediación. Una revisión de la información detallada que está a disposición del público sobre la remediación de 28 piscinas por el PEPDA indica que se emplearon los límites para uso de suelos agrícolas del DE 1215 en todos los emplazamientos de pozos, con un límite posterior a la remediación de 2500 mg/kg de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)¹⁹. En algunas ocasiones, el señor Cabrera parece reconocer este hecho. En su informe principal, afirma que:

"Las normas del Decreto No. 1215 son de particular importancia para los Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) en el suelo... estas normas son directamente aplicables para identificar los suelos en el área de la Concesión que exceden los límites permitidos para TPH y para identificar la necesidad de recuperación de dichos suelos."

No obstante ello, en su Tabla 3.1, el señor Cabrera tergiversa las normas del DE 1215 para vertimiento de aguas y remediación de suelos. Asevera erradamente que para los suelos, se le exige al PEPDA cumplir con concentraciones de TPH de menos de 1000 mg/kg, el cual es el límite permitido por el DE 1215 para ecosistemas sensibles. Además, muestra límites para compuestos químicos que no se exigen en el DE 1215 para emplazamientos que manejen hidrocarburos. Esto lo justifica con la siguiente afirmación: "... cuando hay más de una norma disponible en la ley ecuatoriana para un contaminante en especial, utilizo la norma más baja disponible," lo cual ignora el hecho de que únicamente el DE 1215 rige en cuanto a parámetros de vertimiento de aguas y remediación de suelos en la industria hidrocarburiífera. Cabe mencionar que en la siguiente página de su informe, en la Tabla

¹⁸ *El Comercio*, 28 de mayo de 2007

¹⁹ En el Anexo 2 se presentan los informes de avance del PEPDA de enero a junio de 2006.

3.2, el señor Cabrera cita correctamente los parámetros de remediación de suelos agrícolas del DE 1215 para TPH, cadmio, níquel y plomo, si bien no reconoce la contradicción.

La Tabla 3, a continuación, muestra los límites enumerados por el señor Cabrera en su Tabla 3.1 y sus respectivos valores correctos conforme al DE 1215 que exige la DINAPA para el PEPDA.

Tabla 3. En su Tabla 3.1. el señor Cabrera cita incorrectamente los límites del DE 1215 para vertimientos de agua y remediación del suelo exigidos por la DINAPA para remediación bajo el PEPDA.

Parámetro	Descargas de aguas superficiales		Remediación del suelo	
	Tabla 3.1 del Sr. Cabrera: norma para aguas superficiales (mg/L)	Norma correcta para aguas superficiales según el DE 1215 (mg/L) ²⁰	Tabla 3.1 del Sr. Cabrera norma para remediación de suelos (mg/kg)	Norma correcta para remediación de suelos según el DE 1215 (mg/kg) ²¹
Cadmio	0,001	0,1	1	2
Cromo VI	0,05	--	0,4	--
Cromo	0,016	0,5	65	--
Plomo	--	--	--	100
Níquel	0,025	2	40	50
Zinc	0,18	--	200	--
TPH	0,325	20	1000	2500
Benceno	0,01	--	0,05	--
Benzo(a)pireno	0,00001	--	0,1	--
Naftaleno	0,035	--	0,1	--
HAP	0,0003	--	1	2
Notas: -- No hay norma en el DE 1215 que rija para este parámetro TPH: Hidrocarburos Totales de Petróleo HAP: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos				

Aprobación de la remediación definitiva de cada piscina. Una vez completada, la remediación de las piscinas bajo el PEPDA se certifica mediante un Acta Entrega-Recepción, firmada entre el dueño del predio, un delegado regional de la DINAPA, el Jefe del Campo de Petroecuador y el Coordinador del PEPDA (véase en el Anexo 2 el Informe Final de 2006 de Eliminación de la Piscina en Sacha-14 o Sacha-78).

Costos de remediación. Según el presupuesto de largo plazo del PEPDA (véase la anterior Tabla 1), para el año 2010 el PEPDA habrá remediado un total de 550 piscinas y 870 fosas (fosas de agua o fosas secas), a un costo promedio de US\$85000 por piscina y \$10000 por fosa²². El PEPDA tiene por objeto remediar todas las piscinas dentro de la actual área de operaciones en el Distrito Amazónico,

²⁰ Según las Tablas 4a y 10 del DE 1215, estas normas constituyen los “Límites permisibles (efluentes) para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados...”

²¹ Según la Tabla 6 del DE 1215, estas normas constituyen los “Límites permisibles (agricultura) para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios”

²² PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre.

inclusive las de fuera del área de la antigua Concesión Petroecuador-Exxon y las instaladas después de junio de 1990.

Dentro del área de la antigua Concesión, PEPDA prevé remediar un total de 370 piscinas y otros pasivos ambientales, con un costo total de US\$67,8 millones (para más detalles véase el Anexo 2). A diciembre de 2007, de las 148²³ piscinas dentro del área de la antigua Concesión, remediadas previamente o en proceso de remediación por el PEPDA, el 88,5% se encuentra en pozos y estaciones construidas por Texpet antes de 1990. El PEPDA también está remediando algunas piscinas que fueron identificadas como Cambio de Condición (COC) en el RAP, lo cual demuestra que Petroecuador ha reconocido su responsabilidad por las piscinas que no se incluyeron en el alcance del programa de remediación de Texpet.

El presupuesto del PEPDA propuesto para la remediación de derrames durante el período 2005-2010 es US\$42,3 millones para tratar 141 sitios de derrames, de los cuales US\$20,4 millones se asignarán a 68 derrames dentro del área de la antigua Concesión (véase el Anexo 2). El informe del PEPDA del año 2007²⁴ contiene un desglose detallado de los costos de remediación, incluyendo la remediación de piscinas, el tratamiento de derrames y la recuperación de crudo degradado, personal, alquiler de equipos pesados, un laboratorio de monitoreo biológico, equipos de computación y estudios de línea base. El estimativo del señor Cabrera no proporciona detalle alguno y es mucho más alto que los costos del PEPDA y los costos para trabajos de remediación similares en otras partes del mundo. Según se trata de forma más detallada en la sección 4.0, el costo unitario del PEPDA por piscina o por metro cúbico de suelo coincide con los costos de remediación para emplazamientos afectados por crudo en todo el mundo.

Conclusiones referentes a la remediación realizada por el PEPDA:

Con base en los hallazgos de un estudio de campo realizado en el 2008, las cartas oficiales presentadas a la Corte, los informes sumarios de remediación y el informe anual PEPDA 2007 (ver Anexo 2), se puede concluir lo siguiente:

- 1) La remediación en curso por el PEPDA tiene por objeto tratar todas las piscinas contaminadas en el área de operaciones de Petroecuador.
- 2) Actualmente rige el Decreto Ejecutivo 1215. El PEPDA cumple con los criterios para usos agrícolas del suelo para la remediación de piscinas en sitios de pozos y la DINAPA los aprueba.
- 3) Las tecnologías de remediación que se emplean, incluyen el lavado del suelo seguido de biorremediación, las cuales coinciden con las prácticas utilizadas para la remediación de piscinas en campos petroleros alrededor del mundo.
- 4) El costo promedio de US\$85000 por piscina registrado por el PEPDA para la remediación se encuentra dentro de los parámetros internacionales.
- 5) La reducción de las concentraciones de los compuestos químicos de interés y la aprobación por la DINAPA de los proyectos de remediación de las piscinas y los derrames demuestran que la remediación se está realizando de la manera correcta. La remediación por el PEPDA también es aprobada por el propietario local del suelo y todas las partes pertinentes firman el acta final, en la que reconocen que se ha completado la remediación.
- 6) De las piscinas en proceso de remediación (o ya remediadas por el PEPDA), el 88,5% se encuentra dentro del área de la antigua Concesión en pozos perforados o estaciones de producción construidas antes de 1990. El PEPDA también está remediando algunas piscinas que fueron identificadas como Cambio de Condición (COC) en el Plan de Acción de Remediación.

²³ Según se afirmó en el Resumen Ejecutivo, el informe del PEPDA de diciembre de 2007 cita o bien 148 o 156 piscinas. En este caso, se empleó el total de 148 piscinas tomado de las cifras que figuran al final del texto principal del informe, debido a que sólo allí se nombran individualmente los sitios de pozos y las estaciones de producción.

²⁴ *Ibid.*

4.0 EVALUACIÓN CRÍTICA DE LOS SUPUESTOS EN EL ESTIMATIVO DE COSTO DEL SEÑOR CABRERA

El señor Cabrera plantea supuestos que adolecen de fallas referentes a los costos unitarios para la remediación del suelo, el número de piscinas, el área de las piscinas y la profundidad del suelo que requiere remediación, los cuales utiliza posteriormente para calcular una cifra de costos de remediación incorrectos y contradictorios. Como se explica en las siguientes secciones, muchos de sus supuestos son incorrectos. Los estimativos de costo del señor Cabrera son más de 26 veces mayores que lo que está desembolsando realmente el PEPDA para remediar justamente los sitios en cuestión²⁵, muy por encima de otros costos registrados en el Ecuador, y significativamente en exceso de lo que cuesta a nivel internacional. Por ejemplo, los costos documentados y registrados para la remediación de miles de emplazamientos de pozos petroleros en los estados de Texas y Louisiana, en los Estados Unidos, están muy por debajo de todos los estimativos del Sr. Cabrera²⁶.

Costo Unitario

Los costos unitarios de remediación citados por el señor Cabrera en el Anexo N y el Anexo T son incorrectos para piscinas de campos petroleros y son mucho más altos que los costos reales documentados. En el Anexo N y en el informe en sí, el señor Cabrera emplea costos unitarios (\$489/m³ y \$448/m³, respectivamente) que calcula sacando el promedio de los costos en varios sitios de preservación de madera en los Estados Unidos, los cuales están severamente contaminados con creosota y que no vienen al caso en la remediación de emplazamientos de exploración y producción de crudo. Las concentraciones de compuestos químicos en sitios de preservación de madera (hidrocarburos aromáticos policíclicos [HAP]) son mucho más altas que las que se encuentran en emplazamientos con petróleo crudo y las tecnologías necesarias para tratar las sustancias químicas utilizadas para la preservación de madera pueden ser complejas, costosas y sencillamente no son pertinentes a la labor de remediación de emplazamientos con petróleo crudo. En el Anexo 3 se incluye un resumen detallado de la información utilizada por el señor Cabrera para llegar a su costo unitario de US\$489/m³.

El señor Cabrera presenta incongruencias en sus costos unitarios: en el Anexo T utiliza un costo mucho más bajo: US\$70,48/m³, pero no suministra explicación alguna por el uso de este costo unitario que es más de seis veces menor que los costos que presenta en el Anexo N o en su informe. El costo unitario del Anexo T del señor Cabrera tampoco se basa en la remediación de suelos contaminados con crudo en el Oriente, sino que representa el costo (en los Estados Unidos) de enviar desechos de producción fuera del sitio a instalaciones comerciales de terceros²⁷. Esto tiene poco sentido dado que en el Oriente, el PEPDA administra y ejecuta todo el proceso de remediación a una fracción de este costo. En las Tablas 4 y 5, a continuación, se muestran los costos para la remediación de piscinas en Ecuador de una variedad de fuentes y otros costos de remediación de piscinas y suelos a nivel mundial. Los costos registrados para la remediación de campos petroleros en diferentes partes del mundo son similares a los costos en Ecuador. Especialmente digno de mención es el costo declarado por el PEPDA en su informe de diciembre de 2007,²⁸ que para la remediación de suelos fue de US\$15,71/m³.

²⁵ Basado en el supuesto del señor Cabrera de US\$1,7 mil millones para la remediación de 749 piscinas, o US\$2,27 millones por piscina. Este costo por piscina es 26,7 veces mayor que el costo declarado por el PEPDA de US\$85000 por piscina.

²⁶ IOGCC 2004. Revisión Estatal de Louisiana; Revisión Estatal de las Normas Ambientales para Petróleo y Gas Natural. Comité Interestatal del Pacto sobre Petróleo y Gas; y numerosas comunicaciones personales (2008) entre entidades reguladoras de Texas y Louisiana y Robert Hinchee.

²⁷ El señor Cabrera afirma que utilizó costos bajos para eliminación de desechos (específicamente enterramiento de piscinas y disposición en rellenos sanitarios) para 'desechos de pozos productores' obtenidos en un informe del Laboratorio Nacional Argonne de 2006 (Pruder y Veil, 2006) como base para sus cálculos.

²⁸ PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre

Como se dijo anteriormente, el señor Cabrera parece no estar familiarizado con la remediación realizada por Texpet. Afirma que Texpet habría podido utilizar los métodos de disposición planteados en el Anexo T, bien sea en el sitio o fuera de éste. El señor Cabrera parece no saber que, de hecho, eso fue exactamente lo que hizo Texpet. Durante el RAP, Texpet trató el material de las piscinas empleando diversos métodos (estabilización, biorremediación y lavado del suelo) en el sitio, luego cubrió el suelo remediado con relleno limpio y aplanó las piscinas. Todos estos métodos coinciden con los que describe el señor Cabrera en el Anexo T.

Tabla 4. Costos para la remediación de piscinas en campos petroleros en Ecuador.

Fuente	Costo de remediación por piscina (Año)	Costo de remediación por piscina (US \$ 2008)	Costo unitario (US \$/m ³ según el informe)	Costo unitario (2008 US \$/m ³)	Tecnología de remediación y otros comentarios
Texpet	\$102.200 ²⁹ (1998)	\$135.200	--	--	Costo total de remediación de \$17 millones para 161 piscinas y 7 áreas de derrames
Perito sugerido por los demandantes, Luis Alberto Villacreces Carvajal	--	--	\$27 - \$43/m ³ (2006)	\$29-\$46/m ³	El rango en costos unitarios presentados por este perito; respuesta SSF-24 ³⁰
Petroecuador-Campo Sacha ³¹	\$24.000 (2006)	\$25700	--	--	\$2,25 millones para remediación de 94 piscinas \$7,3 millones costo total de todos los pasivos
Petroecuador (en El Comercio, marzo 2005) ³²	--	--	\$36/m ³	\$30/m ³	Tecnologías de remediación no especificadas; Costo unitario para 6 contratistas de remediación oscila entre \$14 - \$70/m ³ (US\$ 2005)
PEPDA diciembre 2007 ³³	\$85.000 ³⁴ (2007)	\$88400	\$16/m ³	\$17/m ³	Biorremediación y lavado del suelo
Promedio de los informes del PEPDA sobre sitios específicos ³⁵ (2006)	--	--	--	\$34/m ³	Biorremediación y lavado del suelo

²⁹ En el período 1996-1998 cuando Texpet estaba ejecutando las obras de remediación, incurrió en costos adicionales porque una parte importante de los trabajos de remediación fue supervisada o ejecutada por empresas estadounidenses con costos laborales más altos que en el Ecuador.

³⁰ Comentarios a la Refutación sobre el pozo SSF-24 presentados a la Corte Superior de Nueva Loja por el Sr. Villacreces.

³¹ Petroecuador, Pasivos Ambientales Diagnóstico Ambiental (Línea Base) Campo Sacha, PLANISOC Cía. Ltda. 2000

³² *El Comercio*, 22 de marzo de 2005.

³³ PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre

³⁴ Dicho costo no incluye las utilidades generadas por la recuperación y venta del crudo recuperado de las piscinas. El 28 de mayo de 2007 Petroecuador publicó un suplemento en el diario *El Comercio* en que afirmó que a la fecha se habían recuperado 20460 barriles de crudo durante la ejecución del programa de remediación del PEPDA.

³⁵ Véase el Anexo 2.

Tabla 5. Resumen de costos unitarios para la remediación de piscinas y suelos contaminados con crudo en diversos lugares del mundo

Ubicación del sitio o fuente de información	Tecnología de remediación	Costo unitario (US \$/m ³ según el informe)	Costo unitario (US \$/m ³ 2008)	Fuente
Lobitos, Talara, Perú	Biorremediación	\$24	\$28	Navarro y Vanegas 2003 ³⁶
Bolivia	Biorremediación	\$10 - \$14	\$13 - \$18	Sociedad de Ingenieros de Petróleo (SPE) 61284, 2000 ³⁷
Sumatra	Compostaje	\$79	\$90	SPE 86797, 2004 ³⁸
Norteamérica	"Landfarming"	\$8 - \$42 ³⁹	\$9 - \$48	SPE 86794, 2004 ⁴⁰
Norteamérica	Compostaje	\$48 ⁴¹	\$55	SPE 86794, 2004
Naciones Unidas, costo unitario establecido para Kuwait	Principalmente biorremediación y relleno sanitario	\$44.5	\$51	Naciones Unidas 2004 ⁴²
Méjico y Argentina	Biorremediación cultivo del suelo	\$10 - \$35	\$10 - \$35	Machinandiarena 2008 ⁴³
Méjico y Argentina	Biorremediación de biopilas	\$20 - \$60	\$20 - \$60	Machinandiarena 2008
Dakota del Norte	Biorremediación de hileras	\$77	\$106	SPE 35878 ⁴⁴
Alberta, Canadá	Biorremediación de biopilas	\$42	\$58	SPE 35878

³⁶ Navarro y Vanegas, 2003. Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos pesados en locaciones "onshore" de Lobitos, Talara

³⁷ Artículo de la Sociedad de Ingenieros de Petróleo (SPE) 61284-MS, 2000. Autor: W. Younkin, Concordia Environmental Services Inc.; C. Suaznabar, Empresa Petrolera Chaco, S. A.; S. Parsons, Parsons Environmental Corp. Diseño y manejo de "landfarming" en Bolivia: un estudio de caso

³⁸ Artículo de la Sociedad de Ingenieros de Petróleo 86797-MS, 2004. Autor: Rob Hoffmann, Fakhrul Rozi, Kosario M.K., PT Caltex Pacific Indonesia; Ross Smart, Rene Bernier, ChevronTexaco Energy Technology Company. Biorremediación mediante compostaje de turba contaminada con crudo en una ubicación remota.

³⁹ El documento original citó costos de US\$4 - US\$21 por tonelada. Dichos costos se convirtieron a US\$/m³ empleando el supuesto de una densidad del suelo de 1.8 g/cm³

⁴⁰ Artículo de la Sociedad de Ingenieros de Petróleo 86794-MS, 2004. Autor: Sara J. McMillen, Ross Smart, Rene Bernier, ChevronTexaco Energy Research and Technology Company; Robert E. Hoffmann, ChevronTexaco Overseas Petroleum. Biotratamiento de desechos de exploración y producción: Lecciones aprendidas de 1992 a 2003.

⁴¹ El documento original citó costos de \$24 por tonelada. Dichos costos se convirtieron a US\$/m³ empleando el supuesto de una densidad del suelo de 1.8 g/cm³

⁴² Naciones Unidas, 2004. Informe y recomendaciones de la Junta de Comisionados referentes a la Segunda Parte del Cuarto Grupo de Reclamos "F4". Consejo directivo del Comité de Compensación de las Naciones Unidas. S/AC.26/2004/17

⁴³ Machinandiarena, 2008. Comunicación personal al Dr. Robert Hinchee.

⁴⁴ Artículo de la Sociedad de Ingenieros de Petróleo 35878-MS, 1996. Autor: McMillen, S.J., Kerr, J.M., Davis, P.S., Bruney, J.M., Exxon Production Research Company; Moir, M.E., Nicholson, P., Imperial Oil Resources Limited; Qualizza, C.V., Artemis Consulting; Moreau, R., Herauf, D., Exxon Company, U.S.A. Compostaje en climas fríos: Resultados de dos ensayos en campo.

Supuesto número de piscinas

En el informe del PEPDA de diciembre de 2007 se afirma que el programa ha remediado o está en proceso de remediar 156⁴⁵ piscinas en el área de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco. El PEPDA afirma que para el año 2010 habrá remediado un total de 370 piscinas que se encuentran dentro del área de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco. Si se restan las piscinas que ya se han remediado o cuya remediación está en curso, quedan entonces 214 piscinas en el área de la antigua Concesión que serán remediadas por el PEPDA⁴⁶. Esto no incluye las 161 piscinas en el área de la antigua Concesión que Texpet ya remedió. Por lo tanto, Texpet y el PEPDA habrán remediado conjuntamente un total de 531 piscinas en el área de la antigua Concesión cuando se haya completado la remediación del PEPDA para el año 2010. La remediación de Texpet se completó en 1998, de conformidad con las normas establecidas por el Estado Ecuatoriano.

La aseveración del señor Cabrera según la cual hay 916 piscinas (según su Anexo H) en el área de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco es incorrecta, injustificada y carece incluso de documentación básica. A lo largo de su informe (en los Anexos H-1, E y U-4), el señor Cabrera presenta nuevamente información contradictoria referente al número de piscinas que afirma existen, como se verá a continuación.

Anexo H-1. En este anexo, el señor Cabrera afirma que la solución dada a cada una de sus 916 piscinas en 1976, 1986 y 1990 se basa en la interpretación de fotografías aéreas. Sin embargo, en el Anexo H-1 afirma que no hay evidencia de piscinas abiertas en ninguna fotografía aérea para 156 de sus supuestas 916 piscinas (17%). Asimismo, el señor Cabrera visitó únicamente el 14% de los emplazamientos que enumera en su anexo; 49 de 335 emplazamientos de pozos y estaciones de producción. En estos 49 sitios, el señor Cabrera afirma que hay 141 piscinas (139 piscinas en emplazamientos de pozos y 2 piscinas en estaciones de producción en la única estación que visitó), pero sólo tomó muestras en el 60% de éstas. Además, en el conteo exagerado de piscinas en dicho anexo, el señor Cabrera incluye piscinas que Petroecuador instaló o remedió posteriormente a 1990; piscinas que Texpet remedió a cabalidad conforme al RAP; y zonas pantanosas en tierras bajas y derrames que pueden haber ocurrido después de que Petroecuador asumiera las operaciones en 1990 y que ni siquiera son piscinas.

Anexo E. En el Anexo E, el señor Cabrera muestra una fotografía aérea de 85 emplazamientos en los cuales señala que existen 310 piscinas (los 85 emplazamientos incluyen los sitios que visitó más algunos de los emplazamientos de las Inspecciones Judiciales. De los 49 sitios que visitó el señor Cabrera, presenta fotografías aéreas para 42 de ellos). El señor Cabrera no suministra fotografías aéreas para los 250 emplazamientos restantes, en los cuales dice que existen 606 piscinas. El resultado es que el Anexo E carece de evidencia aerofotográfica para comprobar la existencia de aproximadamente un 66% de las piscinas que supuestamente existen, según el señor Cabrera. Los conteos de piscinas del señor Cabrera a partir de las fotografías aéreas que sí presenta en el Anexo E adolecen de fallas, lo cual se comentará más adelante en el presente informe.

Anexo U-4. En este anexo, el señor Cabrera suministra una interpretación alterna sobre las fotografías aéreas, en la que sugiere que hay muchas menos piscinas que las que dice existen en los Anexos H-1 y E. El señor Cabrera visitó 49 sitios en el campo y muestra fotografías aéreas de 40 de éstos en su Anexo U-4 (39 de los cuales también tienen fotografías aéreas en el Anexo E). En el Anexo U-4 afirma que hay 62 piscinas visibles en estos 39 emplazamientos. Según Di Paolo y Hall (2008): “Sin embargo, en los Anexos E y H-1 alega que en esos mismos 39 sitios hay 118 piscinas y es ése el número que emplea para calcular el costo de la remediación..” Dicha discrepancia entre los Anexos H-1 y U-4 en relación con el número de piscinas en los

⁴⁵ Según la casilla 3 en la página 26 y la casilla 9 en la página 34, el PEPDA ha remediado o está en proceso de remediar 156 piscinas en el área de la antigua concesión (54 en el campo Sacha, 34 en el campo Shushufindi, 31 en el campo Auca y 37 en el campo Lago Agrio). Según las cifras que aparecen al final del texto del informe en sí, el número es 148 (54 en el campo Sacha, 37 en el campo Shushufindi, 19 en el campo Auca, 16 en el campo Lago Agrio, 8 en los campos Yuca/Rumiyacu/Cononaco/Yulebra y 14 en el campo Guanta).

⁴⁶ PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre.

emplazamientos que fueron visitados por el señor Cabrera y para los cuales presenta fotografías aéreas, constituye un aumento de aproximadamente 90% en el número de piscinas.

Al igual que sus diversos estimativos de costo en diferentes anexos, el señor Cabrera parece olvidar el hecho que estas discrepancias en los conteos de las piscinas están en su informe y utiliza el conteo más alto de piscinas para su estimativo del costo de remediación. Nunca discute estas discrepancias en su informe.

Como se afirmó anteriormente, el señor Cabrera visitó únicamente 49 de los 335 sitios de pozo y estaciones de producción que enumera en su Anexo H-1. En estos 49 sitios, el señor Cabrera afirma que hay 139 piscinas en emplazamientos de pozos y 2 piscinas en estaciones de producción (en la única estación que visitó). Sin embargo, el señor Cabrera comete el error fatal de no corregir su conteo de piscinas con base en sus propias observaciones y en los resultados de las tomas de muestras durante sus visitas a los sitios. Por ejemplo, en los sitios donde incorrectamente interpretó un árbol o un arbusto como piscina en una fotografía aérea, no corrigió su conteo de piscinas después de haber visitado el sitio y haberse percatado de que dicha piscina no existía. De hecho, mientras señala que hay 141 piscinas en los sitios que visitó, únicamente analizó muestras de un 60% (85 de 141) de éstas. Desechó las muestras recolectadas en otras 19 piscinas, porque estaban según su criterio libres de hidrocarburos⁴⁷. Por lo tanto, el número real de piscinas en los sitios que visitó es como mínimo un 40% inferior al número que utiliza en su estimativo de costo de remediación. Asimismo, según se comentará en la siguiente sección, una serie de piscinas en las que sí tomó muestras, cumplen con los parámetros vigentes del DE 1215 y no requieren remediación.

Resumen de errores en la interpretación de fotografías aéreas. La única forma de contar con precisión el número total de piscinas es mediante verificación en cada sitio, como se realizó en el RAP, en los informes de Pasivos Ambientales de Petroecuador⁴⁸, durante las Inspecciones Judiciales y en los informes anuales del PEPDA, así como en las cartas enviadas a la Corte⁴⁹. El señor Cabrera optó por ignorar todas estas fuentes y, en su lugar, extrapola el número de piscinas con base en una incompleta e inexacta interpretación de las fotografías aéreas.

La interpretación del señor Cabrera de las fotografías que sí presenta en el Anexo E adolece de graves fallas, debido a que parece interpretar toda forma oscura como piscina: incluye árboles y arbustos como si fueran piscinas y comete otros graves errores en sus interpretaciones⁵⁰. Los errores en las interpretaciones de fotografías aéreas no son poco comunes, especialmente cuando se utilizan las fotografías de baja resolución que presenta el señor Cabrera en su informe. Sin embargo, el señor Cabrera tuvo la oportunidad de corregir el número de piscinas de su interpretación de fotografías cuando realizó las observaciones en campo (lo que se conoce como verificación en campo). Desafortunadamente, el señor Cabrera no realizó la verificación en campo adecuada ni efectuó las correcciones necesarias a sus conteos de piscinas en el Anexo H-1.

Las fotografías aéreas por sí solas no pueden utilizarse para definir el número de piscinas, debido a que la verificación en campo es esencial para verificar con precisión la interpretación de las fotografías aéreas. Como describen Di Paolo y Hall (2008), en Shushufindi-033, el señor Cabrera utiliza una fotografía aérea de baja resolución e interpreta un área de sombras como piscinas (Figura 1a). Utilizando una fotografía aérea con mejor resolución que fue tomada durante el mismo año, la “piscina” es claramente un árbol grande, como se muestra en la Figura 1b. Si bien el señor Cabrera visitó este emplazamiento durante su inspección y no halló evidencia (visual ni analítica) de que hubiera una piscina en dicho sitio, aún la incluye como piscina en su Anexo H-1. Nótese que la fotografía de mejor calidad se obtuvo en la misma fuente a la que tiene acceso

⁴⁷ Douglas, Gregory, 2008. Refutación de los Datos Analíticos del Sr. Cabrera y Evaluación de la Validez de su Programa de Muestreo y Programa Analítico.

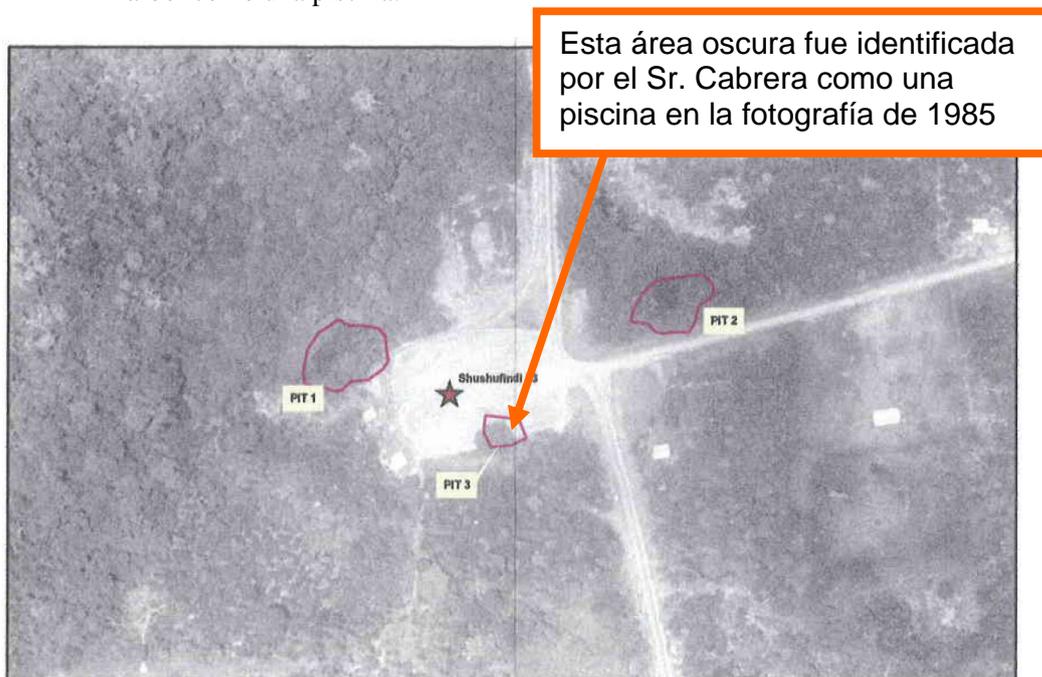
⁴⁸ Reporte de Pasivos Ambientales de Petroecuador para varios campos petroleros dentro de la Antigua Concesión.

⁴⁹ Baca, Ernesto. 2008. Respuesta al Sr. Cabrera en Relación a su Evaluación del Programa de Remediación de Piscinas de Petroecuador (PEPDA).

⁵⁰ Di Paolo, Bill y Laura Hall, 2008. Refutación de la Metodología que el Sr. Cabrera Utilizó para Determinar el Número y el Área de las Piscinas en la Concesión Petroecuador-Texaco.

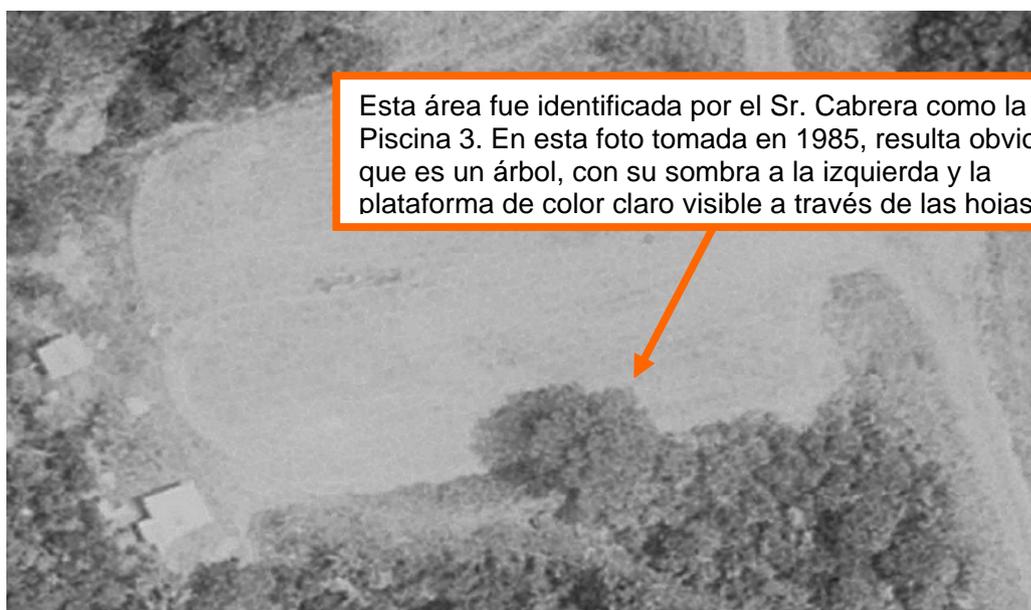
el público (Instituto Geográfico Militar, o IGM) que la foto del señor Cabrera. Parece que el señor Cabrera no efectuó una búsqueda a fondo del material disponible al público para su interpretación de fotografías.

Figura 1a. En esta fotografía aérea de baja resolución de Shushufindi-033, el Sr. Cabrera interpretó un árbol como una piscina.



Fuente: IGM Instituto Geográfico Militar. Fotografía Aérea del año 1985

Figura 1b. En esta impresión de mejor calidad de 1985 de la fotografía aérea del pozo Shushufindi 33, tomada en la misma fecha por el IGM que la foto anterior del Sr. Cabrera, se observa claramente la sombra del árbol sobre la plataforma, justo al noroeste del árbol.



Fuente: Fotografía aérea #44408 del IGM (09/10/1985)

Número de piscinas en emplazamientos de pozos que requieren remediación. El señor Cabrera afirma que hay 916 piscinas en el área de la antigua concesión, de las cuales 835 se encuentran en emplazamientos de pozos. Señala que el 80% de sus supuestas 835 piscinas en sitios de pozos requieren remediación, pero sus propios datos indican que menos de un 50% de las piscinas en sitios de pozos podrían requerir remediación. Afirma que basa su porcentaje en sus propios datos de suelos, dejando de mencionar que sólo analizó muestras en 84 de sus supuestas 139 piscinas en sitios de pozos que visitó y para las cuales desechó las muestras de otras 19 piscinas de emplazamientos de pozos, porque consideraba que las muestras estaban libres de hidrocarburos⁵¹. De las 84 piscinas en sitios de pozos con muestras analizadas, los datos del mismo señor Cabrera indican que 15 de estas piscinas cumplen con los valores establecidos en el DE 1215 para uso de tierras agrícolas, dejando sólo 69 de sus 139 piscinas en emplazamientos de pozos que pueden requerir remediación, o sea solo el 50%.

El listado de piscinas que, según el señor Cabrera, requieren remediación incluye sin justificación piscinas ya remediadas, bien sea por Petroecuador bajo el PEPDA o por Texpet entre 1995 y 1998. Incorrectamente asevera que la remediación realizada por PEPDA y Texpet tiene que llevarse a cabo nuevamente. El señor Cabrera no tiene fundamento para dicha aseveración, debido a que únicamente tomó muestras en una piscina remediada por PEPDA y sus propios datos de dicha piscina confirman que la remediación cumplió exitosamente con todas las normas vigentes que rigen en el Ecuador. De manera similar, no analiza sus muestras de suelos recolectadas en las piscinas remediadas por Texpet en cumplimiento de los criterios de cierre del RAP, un paso necesario para definir con precisión si se cumplieron los criterios de la remediación.

Número de piscinas en estaciones de producción que requieren remediación. El señor Cabrera afirma que hay 81 piscinas en 17 estaciones de producción (Anexo H-1) y que el 100% de éstas requieren remediación, a pesar de no presentar razonamiento alguno para dicho supuesto. Únicamente tomó muestras en una piscina en una estación de producción (Guanta), y no se detectó TPH en dicha muestra. En la estación Guanta, el PEPDA informa que está en curso la remediación de tres piscinas⁵².

La verificación en campo y la toma de muestras efectuada como parte de las Inspecciones Judiciales tampoco sustentan la aseveración del señor Cabrera. Las Inspecciones Judiciales se realizaron en 11 estaciones de producción. En dichas 11 estaciones, el señor Cabrera afirma que hay 68 piscinas. No obstante ello, los informes de las Inspecciones Judiciales presentados a la Corte por los peritos sugeridos por la Demandada (en adelante denominados peritos de la Demandada) indican que hay 50 piscinas que fueron construidas antes de junio de 1990 en estos sitios (y otras 23 piscinas construidas por Petroecuador después de junio de 1990). Como ejemplo de sus errores, en las Figuras 2a y 2b se observa que Petroecuador construyó cuatro piscinas desde 1990 en la estación de producción Lago Agrio Central y el señor Cabrera erróneamente atribuye las cuatro nuevas piscinas a Texpet.

Las muestras recolectadas por los peritos de la Demandada en las piscinas de las estaciones de producción durante las Inspecciones Judiciales indican que aproximadamente un 35% (8 de 23) de las piscinas cumplen con los valores límite previstos en el DE 1215 para usos de tierras industriales y no requieren remediación, mientras que el otro 65% podría requerir remediación. Incluso utilizando el enfoque errado del señor Cabrera en el que emplea únicamente la concentración de TPH más alta recolectada por cualquiera de las partes (inclusive datos inválidos de los informes elaborados por los peritos sugeridos por los Demandantes (en adelante denominados peritos de los Demandantes) que muestra en su Tabla H-1, aproximadamente sólo un 62% de las piscinas de estaciones de producción excede los límites del DE 1215⁵³.

A Texpet no se le exigió remediar ninguna piscina en estaciones de producción conforme al RAP, debido a que Petroecuador aún estaba utilizando las piscinas en las estaciones. Por lo tanto, la remediación de todas las

⁵¹ Numerosas solicitudes a la Corte; véase por ejemplo, la solicitud a la Corte Superior de Nueva Loja del 31 de julio de 2007.

⁵² PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto –PEPDA– en el Distrito Amazónico. Diciembre

⁵³ Los valores límite del DE 1215 para uso industrial son 4.000 mg/kg de TPH; 5 mg/kg de HAP; y 10, 100 y 500 mg/kg para cadmio, níquel y plomo, respectivamente.

piscinas en las estaciones fue y es responsabilidad de Petroecuador. Actualmente, el PEPDA está remediando 18 piscinas en estaciones de producción según la carta enviada por el programa a la Corte en noviembre de 2007.

Figura 2a. Fotografía aérea (obtenida del Anexo E del señor Cabrera) de la Estación de Producción Lago Agrio Central. Señala que las piscinas 3, 4, 5 y 6 fueron construidas por Texpet antes de 1990. Nótese que el señor Cabrera dice que esta foto es de 1990, cuando en realidad data de 1991.

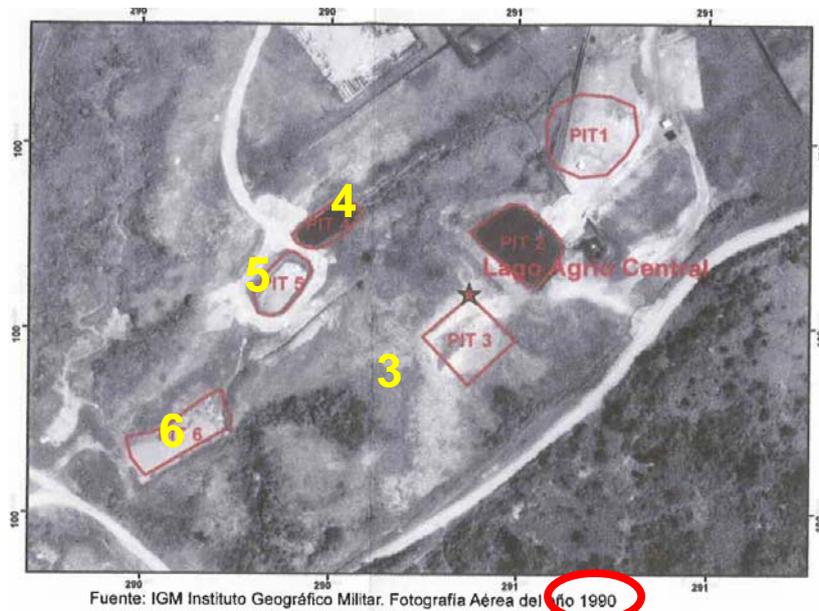


Figura 2b. Esta fotografía del IGM de 1990 de la Estación de Producción Lago Agrio Central muestra que las Piscinas 3, 4, 5, y 6 no existían en ese año



Fuente: Fotografía aérea #29406 del IGM (1990)

Área de las piscinas

El señor Cabrera presenta varias áreas para la superficie de las piscinas en su informe y los anexos correspondientes, según se resume en la Tabla 2 del presente informe. Además, añade un 50% del área para incluir supuestos derrames fuera de cada piscina (dichas discrepancias nunca se tratan ni se resuelven y podrían parecer errores menores o menos significativos, pero un error de apenas 10% en el área podría resultar en un costo adicional de varios millones de dólares.) Con frecuencia, el señor Cabrera sobreestima el área de las piscinas para las cuales muestra fotografías aéreas. Ejemplos de ello constan en las Figuras 4.1, 10.1 y 11.1 de Di Paolo y Hall (2008). Es imposible determinar la precisión del área para 606 piscinas en 250 sitios para los cuales no suministra fotografías aéreas. Adicionalmente, estos sitios no fueron muestreados por el Sr. Cabrera y tampoco lo fueron durante las inspecciones judiciales. Pero el Sr Cabrera estima el área de estas piscinas utilizando una apreciación de centímetros (0,01 m), lo cual es materialmente imposible. Además, el señor Cabrera incrementa arbitrariamente las ya exageradas áreas con base en el supuesto de que existe suelo contaminado, alrededor de todas las piscinas, sumando 50% del área de las mismas y suponiendo, también sin base para ello, que la supuesta contaminación se extiende hasta la profundidad total de las piscinas. En algunos anexos, se refiere a este fenómeno como el “área de derrame”. Sin tomar muestras perimetrales del suelo alrededor de las piscinas ni proporcionar ejemplo alguno, afirma que “La información de muestreo [durante las Inspecciones Judiciales] indica que las concentraciones de TPH en muchas muestras de suelo tomadas afuera de las piscinas también excedían los 1000 ppm de TPH” como justificación para incrementar las áreas superficiales arbitrariamente. Esto es absolutamente incorrecto. De hecho, los datos recolectados por los peritos de la Demandada durante las Inspecciones Judiciales demuestran decididamente lo contrario.⁵⁴

Durante las Inspecciones Judiciales, los peritos de la Demandada recolectaron 138 muestras de suelo de 68 sondeos a distancias que oscilaron entre aproximadamente 0 y 19,5 metros de las piscinas. Las concentraciones de TPH en dichas muestras de suelo oscilaron entre no detectadas y 174 mg/kg. Los peritos de la Demandada recolectaron 12 muestras de aguas subterráneas a distancias de las piscinas que oscilaron aproximadamente entre 2,5 a 19,5 metros y no se detectó TPH en ninguna de las muestras de agua subterránea. Por lo tanto, no hay evidencia según los datos obtenidos durante las Inspecciones Judiciales para sustentar el incremento arbitrario del área de las piscinas en un 50% y el señor Cabrera no presenta datos que sustenten dicho supuesto. De hecho, los datos disponibles sugieren que el señor Cabrera está equivocado.

Profundidad y volumen de los suelos a remediar

El señor Cabrera plantea un supuesto exagerado, sin fundamento, sobre la profundidad del suelo a remediar en cada piscina, lo que lleva a un cálculo de un volumen promedio de piscinas que está inflado en un 280%. En el Anexo N y la parte principal de su informe, el señor Cabrera supone que la profundidad promedio del suelo que requiere remediación es de 4 metros, cifra que utiliza en su estimativo de costos de US\$1700 millones para remediación de suelo (en el Anexo T, el señor Cabrera supone una profundidad de 2 metros, pero no utiliza esta cifra en su estimativo de costo de US\$1700 millones).

La mejor evidencia para la profundidad y el volumen del suelo que requiere remediación proviene de la remediación que se realiza en la actualidad bajo el PEPDA. El PEPDA recopiló datos de 158 piscinas en varias etapas de remediación como parte de una solicitud de la Corte⁵⁵. De este total, 66 piscinas se encontraban dentro del área de la antigua concesión y contaban con datos de área superficial y volumen de suelo remediado. El PEPDA remedió 119.471 m³ de suelo de estas 66 piscinas, o 1810 m³ por piscina. Ello es

⁵⁴ Sólo se consideraron los datos recolectados por los peritos sugeridos a la Corte por la Demandada. Los datos de suelos recomendados por los peritos sugeridos a la Corte por los Demandantes no son válidos debido a diversos problemas, que incluyen: métodos de muestreo, procedimientos de cadena de custodia, falta de acreditación del laboratorio para los análisis realizados y técnicas analíticas inadecuadas, entre otros.

⁵⁵ Carta del coordinador del PEPDA, Ing. Jorge Vivanco A., al Jefe de Protección Ambiental, Distrito Amazónico, fechada 26 de noviembre de 2007. En la carta se afirma lo siguiente: “En atención a hoja de control 9039, adjunto sírvase encontrar información solicitada por la Corte Superior de Justicia de Nueva Loja, Sucumbíos, sobre la caracterización y volúmenes de obra del Proyecto Eliminación de Piscinas y Limpieza de Derrames – PEPDA.”

significativamente menos que el volumen promedio por piscina que se plantea en el informe del señor Cabrera. Empleando el volumen de suelo del señor Cabrera de 3.788.000 m³ para las 749 piscinas que dice requieren remediación (incluyendo el área adicional que él supone sin base aumenta el área de cada piscina en un 50%), se obtiene un volumen de suelo por piscina de 5060 m³, lo que equivale a un 280% más que los volúmenes registrados por el PEPDA.

Es imposible justificar una profundidad de 4 metros con base en los datos del mismo señor Cabrera, precisamente porque sólo en 6 de sus 113 muestras de suelo de piscinas (5%) recolectó muestras a profundidades de 4 metros o mayores. Para la mayoría de sus muestras (69 de 113, o 61%) realizó la recolección a profundidades de 2 metros o menos. Asimismo, en casi una cuarta parte de sus muestras (24%), no se detectaron niveles algunos de TPH, pero él no tomó esto en cuenta al estimar la profundidad promedio de las piscinas, la cual carece de todo fundamento.

En lugar de utilizar información del PEPDA, que está disponible al público, en el Anexo N, en la estimación la profundidad promedio de piscina de 4 metros, el señor Cabrera emplea un enfoque que adolece de dos fallas claves. En primer lugar, utiliza una concentración de TPH de 1000 mg/kg para determinar si el suelo de una piscina está contaminado (Petroecuador y DINAPA emplean un valor de 2500 mg/kg en la remediación de las piscinas del PEPDA). En segundo lugar, utiliza la concentración de TPH más alta observada por él o por cualquiera de las partes en cualquier muestra (lo que es evidente en su Anexo H-1) para una piscina específica e infiere que dicha concentración es representativa de toda el área de la piscina y del área adicional que él afirma existe (50% del área superficial de la piscina) a una profundidad de 4 metros. El señor Cabrera incluye los datos dudosos de TPH recolectados durante las Inspecciones Judiciales por los peritos de los Demandantes⁵⁶. Como se plantea en Douglas (2008), los datos de los peritos sugeridos por los Demandantes obtenidos durante las Inspecciones Judiciales son poco confiables debido a que:

- Los peritos de los Demandantes utilizaron programas de toma de muestras y análisis durante las Inspecciones Judiciales que no cumplían ni siquiera con los criterios más básicos para un estudio ambiental defendible.
- Los laboratorios que emplearon no estaban acreditados para realizar los análisis.
- Algunos de los métodos empleados (inclusive el del TPH) no sólo contravenían el Plan de Análisis aprobado por la Corte, pero no son específicos y tienden a presentar inexactitudes.
- Los laboratorios empleados no presentaron datos de Aseguramiento de Calidad/Control de Calidad.

El resultado es que existen graves problemas referentes a la calidad de datos de laboratorio que excluyen el uso de todos los datos químicos de los peritos de los Demandantes.

⁵⁶ Douglas, Gregory. 2008. Refutación de los Datos Analíticos del Sr. Cabrera y Evaluación de la Validez de su Programa de Muestreo y Programa Analítico.

5.0 RESUMEN DE HALLAZGOS

Los estimativos de costos de remediación del señor Cabrera de US\$1700 millones y US\$1850 millones son incorrectos y exceden en mucho la experiencia real del Ecuador y las prácticas internacionales. No toman en cuenta la remediación en curso del PEPDA y el costo documentado de dicha remediación, lo que constituiría la mejor manera y la fuente más creíble para estimar los costos adicionales de remediación. Dichos estimativos también se basan en varios factores y supuestos incorrectos, como lo son:

- El señor Cabrera sobreestimó el costo unitario de remediación del suelo por un factor de cerca de 30 en el Anexo N y por un factor aproximado de 4 en el Anexo T.⁵⁷
- En el Informe Anual del PEPDA de 2007 se afirma que el PEPDA ha remediado o está en proceso de remediar 156 de las 370 piscinas restantes en el área de la antigua concesión Petroecuador-Textaco. Por lo tanto, quedan 214 piscinas en el área de la antigua Concesión que requieren remediación; no las 749 que dice el señor Cabrera. Además, el PEPDA prevé remediar las 214 piscinas restantes⁵⁸.
- El estimativo del señor Cabrera del volumen de suelo por piscina que requeriría remediación es 280% mayor que el volumen promedio del suelo remediado por el PEPDA.
- Los datos del señor Cabrera no sustentan una profundidad estimada de 4 metros para las piscinas. Su informe contiene datos contradictorios en cuanto a la profundidad de las piscina (2 metros en el Anexo T y 4 metros en el Anexo N).
- No hay pruebas como resultado de las visitas a los sitios realizadas por el señor Cabrera que sustenten su teoría de que el área de las piscinas se debe incrementar por un 50% adicional. La evidencia de las Inspecciones Judiciales comprueban que no existe ni el área adicional afectada alrededor de las piscinas ni los 4 metros de profundidad que señala el señor Cabrera. De hecho, en otro estimativo de costo presentado en el Anexo T, el señor Cabrera no considera dicha área adicional.

Incluso el estimativo de costo de US\$162 millones que el señor Cabrera presenta en el Anexo T está inflado, aún cuando se basa en supuestos más razonables sobre volumen y costo unitario. Un mejor estimativo, que podría justificarse, puede efectuarse con base en los costos reales de la remediación en curso. Petroecuador ha afirmado que prevé desembolsar US\$85000 por piscina para remediar todas las piscinas restantes en el área de operaciones actual de Petroecuador, incluyendo todas las piscinas en el área de la antigua concesión Petroecuador-Textaco. Empleando el costo de remediación promedio por piscina del PEPDA de US\$85000 por piscina, e incluso utilizando el número de piscinas a remediar inflado del señor Cabrera (749), el costo para Petroecuador sería de únicamente US\$63,67 millones. Dicha cifra sigue siendo exagerada, porque como se planteó anteriormente, el estimativo del señor Cabrera sobre el número de piscinas por sitio está inflado en más del 50% y dicho estimativo no toma en cuenta que muchas de estas piscinas ya han sido remediadas o no requieren remediación con base en los valores establecidos en el DE 1215. El señor Cabrera también incluye piscinas que Petroecuador construyó o remedió después de 1990; piscinas que Texpet remedió a cabalidad bajo el RAP; y zonas pantanosas en tierras bajas y derrames que pueden haberse presentado después de que Petroecuador asumió las operaciones en 1990, que ni siquiera son piscinas. En el presupuesto de largo plazo del PEPDA (véase la Tabla 1) se afirma que para el año 2010 se habrá remediado un total de 370 piscinas en el área de concesión a un costo de US\$85000 por piscina (PEPDA, 2007).

Los errores agravados del señor Cabrera sirven para inflar artificialmente los costos reales de la remediación. Por ejemplo, las 19 piscinas cuyas muestras desechó el señor Cabrera en su totalidad tenían un área superficial de cerca de 12000 m², según el Anexo H-1 del señor Cabrera. Si se multiplica dicha área superficial por su profundidad de 4 metros, y se considera el área adicional que el señor Cabrera afirma

⁵⁷ El cálculo se basa en un costo unitario de remediación de 'suelo contaminado' de US\$15,71/m³, según se afirma en el PEPDA, 2007.

⁵⁸ PEPDA, 2007. Proyecto de Eliminación de Pasivos Ambientales a través del Proyecto – PEPDA – en el Distrito Amazónico. Diciembre

infudadamente existe y un costo unitario de \$448/m³, dichas 19 piscinas que no están contaminadas representan US\$32 millones en su estimativo de costos de remediación. Para fines de comparación, en el PEPDA se afirma que el programa remediará las 370 piscinas en el área de la antigua concesión por aproximadamente el mismo costo, US\$31,5 millones.

ANEXO 1

Hoja de vida del Dr. Robert E. Hincee

El doctor Hincee es un perito reconocido en el campo de la remediación. A lo largo de su carrera ambiental de más de 30 años, ha desarrollado y aplicado nuevas tecnologías en más de 1.000 sitios a lo largo y ancho de América del Norte, Europa, América Latina y el Medio Oriente. También ha diseñado, implementado o evaluado centenares de sistemas de tratamiento de aguas, sedimento y suelos. Adicionalmente, fue el responsable del diseño y la implementación de procesos de demostración en campo tales como la ventilación del suelo mediante tiro forzado, landfarming, biorremediación *in situ*, biopilas y sistemas de estabilización *in situ*. En la actualidad integra el comité asesor técnico del Programa Estratégico de Investigación y Desarrollo Ambiental (SERDP) para remediación FLNA. El doctor Hincee organizó y presidió los Simposios Internacionales sobre Biorremediación *In Situ* y en el Emplazamiento, celebrados en San Diego (1991, 1993 y 1995), y mantiene aún una participación activa en los mismos. Es editor fundador de la revista especializada *Bioremediation Journal* [Revista de Biorremediación] Además de su trabajo técnico, el doctor Hincee ha atestado ante el Congreso de los Estados Unidos y servido como testigo pericial en una serie de casos, inclusive ante las Naciones Unidas.

EXPERIENCIA:

REMEDIACIÓN DE DAÑOS POR LA GUERRA DE IRAQ. Trabajó como perito técnico para Kuwait y el Reino de Arabia Saudita en el desarrollo de enfoques técnicos para la remediación de contaminación resultante de las acciones iraquíes en la Guerra del Golfo de 1991. La contaminación incluyó centenares de millas de costas saturadas de petróleo, centenares de millas cuadradas de contaminación terrestre de crudo y contaminación derivada de componentes explosivos resultante de quema a cielo abierto y detonación de municiones iraquíes. El doctor Hincee colaboró en el desarrollo de estrategias de remediación y ha atestado en las audiencias de la Comisión de Compensación de las Naciones Unidas en Ginebra para la recuperación de costos de remediación por parte tanto de Kuwait como de Arabia Saudita.

REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON MUNICIONES. Dirigió los esfuerzos de Battelle para desarrollar tecnologías para el tratamiento de suelos contaminados por componentes explosivos, incluyendo TNT, RDX, HMX y perclorato. Dicho trabajo incluyó el desarrollo de una técnica que utiliza la quema prescrita para reducir la contaminación con explosivos derivada de operaciones de quema/detonación a cielo abierto y en áreas de campos de tiro. Otra tecnología en evolución es un proceso que integra cal en la colocación de cargas donantes para tratar la contaminación nitroaromática *in situ* generada por operaciones de detonación en el sitio. El doctor Hincee está en proceso de organizar una conferencia internacional sobre Manejo Sostenido de Campos de Tiro.

REMEDIACIÓN DEL REVENTÓN DE TRECATE. Sirvió como perito técnico responsable de la conceptualización y el diseño de un esfuerzo de biorremediación en el Sitio del Reventón de Pozo de Trecate en el norte de Italia. Dicha labor incluyó el tratamiento de 25.000 m³ de biopilas, 400 hectáreas de cultivos de suelo, 20.000 m³ de lavado de suelo y tratamiento técnico y un extenso programa de atenuación natural.

REMEDIACIÓN DEL DERRAME DE CRUDO DE TANGUESSEN (GUAM). Trabajó en la supervisión técnica de la remediación del derrame de crudo de Tanguessen en Guam. Éste fue un derrame de varios miles de barriles de crudo que impactó un arrecife de coral, playas y aguas subterráneas en el costado occidental de Guam. Las tecnologías de remediación aplicadas incluyeron el recobro de crudo a granel, la biorremediación y la atenuación natural.

BIOVENTILACIÓN. Trabajó como gerente de proyecto y director técnico de estudios de biorremediación *in situ* basada en ventilación en 200 lugares de los Estados Unidos y Europa. Desarrolló un protocolo de análisis de tratabilidad en campo que se implementó en todos los sitios, lo que llevó a una mejora de los sistemas de remediación en 100 sitios. Los contaminantes incluyeron petróleo crudo y varios productos refinados.

BIOSLURPING. Trabajó como gerente de proyecto y director técnico de un proceso de remediación de hidrocarburos *in situ* basado en “*bioslurping*”*. *Bioslurping* es la aplicación de un proceso de múltiples fases que utiliza el vacío para recuperar simultáneamente crudo libre y estimular la biorremediación *in situ* de suelos y sedimentos contaminados con hidrocarburos. La tecnología se desarrolló inicialmente en dos sitios, uno en la Florida y uno en Nevada. Posteriormente se elaboró un plan piloto y se utilizó en 45 sitios en los Estados Unidos y Europa. Los resultados de dichas pruebas piloto llevaron al desarrollo de un manual de principios de prácticas para el diseño integral del plan, al igual que para la ejecución de pruebas piloto. Como resultado de esta labor, ésta se ha convertido en una tecnología de rutina empleada en centenares de sitios.

INYECCIÓN DE AIRE (*Air Sparging*). Se desempeñó como gerente de proyecto y director técnico de un proyecto de investigación financiado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para analizar la práctica y los principios fundamentales de la inyección de aire y elaborar un enfoque racional para el diseño, la aplicación y la evaluación de los sistemas de inyección de aire. En la ejecución de dicho proyecto se realizó una evaluación crítica de más de 25 sistemas de inyección de aire y se recolectaron datos adicionales de las operaciones en 5 sitios para corroborar las evaluaciones de desempeño. Trabajó como director técnico en el desarrollo de un sistema de bioinyección de bajo flujo de oxígeno para el tratamiento *in situ* de MTBE (éter butílico terciario de metilo). Se desempeñó como revisor técnico o gerente de proyectos de sistemas de inyección de aire a lo largo y ancho de los Estados Unidos y en Europa.

REMEDIACIÓN DE LÍQUIDO DENSO EN FASE NO ACUOSA. Participó en la evaluación, el diseño y la implementación de estrategias de remediación en más de 100 sitios contaminados con líquido denso en fase no acuosa, incluyendo emplazamientos con plumas contaminantes de más de 15 millas de longitud y un sitio en el que se recuperaron más de 2,5 millones de galones de líquido denso de fase no acuosa en fase pura. Los sitios incluyeron fuentes y plumas en materiales no consolidados, roca fracturada y acuíferos cársticos, en lugares en todos los Estados Unidos y Europa. Las tecnologías de remediación han incluido biorremediación modificada, atenuación natural, oxidación *in situ*, barreras de limaduras de hierro, ductos de inyección, tratamiento térmico, inyección de aire, inundación con surfactantes, ventilación de suelos, extracción multifase, pozos de circulación de aguas subterráneas, y bombeo y tratamiento convencionales.

EXTRACCIÓN DE GAS DEL SUELO. Diseñó innovadores sistemas de ventilación del suelo para la remoción *in situ* de compuestos orgánicos volátiles de la zona vadosa y supervisó la instalación y evaluación de sistemas en numerosos lugares en Europa y los Estados Unidos. Sus responsabilidades incluyeron la obtención de permisos de descarga de efluentes gaseosos para emplazamientos en California y Delaware y el diseño de sistemas de tratamiento de efluentes gaseosos. Experto consultor para proyectos de transferencia de tecnología en Génova, Italia y Hofn, Islandia.

PERCLORATO. Investigó sitios contaminados con perclorato y diseñó sistemas de remediación para el tratamiento de perclorato. Su experiencia incluye trabajos en el sitio del Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA (JPL) en Pasadena, California, en el Campo de Pruebas y

* Bioslurping consiste en la aplicación de alto vacío, del orden de 20” Hg, a través de lanzas que interceptan los niveles de interfase de producto sobrenadante

Capacitación de Utah en la Base de la Fuerza Aérea Hill, y en varios campos de la Base de la Fuerza Aérea de Eglin, el botadero de municiones Iraquí en Umm al Gawati, Kuwait, así como para la Autoridad de Calidad del Agua de la Cuenca de Gabriel y Honeywell. Trabajó en el Comité de Asesoría Técnica, en la supervisión del proyecto de investigación de perclorato para el Programa Estratégico de Investigación y Desarrollo Ambiental (SERDP).

COMETABOLISMO DE TCE (tricloroetileno). Trabajó como gerente de programa contratado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. Estuvo encargado de supervisar la creación de un reactor a escala piloto (200 L) para tratamiento cometabólico de aguas subterráneas contaminadas con TCE. El reactor fue usado para tratar aguas subterráneas contaminadas de un sistema de bombeo y tratamiento en la Base de la Fuerza Aérea Tinker en 1989. Ésta fue la primera implementación del proceso a escala piloto.

ACTIVIDADES DE ARBITRAJE Y SUPERVISIÓN. Trabajó como revisor del trabajo de colegas y revisor técnico para una serie de clientes y proyectos. A manera de ejemplo, el Dr. Hinchee trabajó para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos – EPA – en la revisión y supervisión de los trabajos de biorremediación del Exxon Valdez; para Agip en estudios de biorremediación; para Arco, Plantation Pipeline, y BP en la revisión de su enfoque cooperativo en la remediación; para el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en la revisión de las estrategias de remediación en numerosas bases del ejército; para el Instituto Mexicano del Petróleo IMP en la remediación del pantano Santa Alejandrina contaminado con petróleo en proximidad de Veracruz; para Agip en la biorremediación de un derrame de crudo de gran magnitud en las costa de Nigeria; y para Unocal y BP en la elaboración de estrategias de remediación para la limpieza de las fugas del campo petrolero Swanson River.

ESTUDIOS:

Licenciatura en Zoología/Química, Utah State University, 1974
Maestría en Oceanografía, Louisiana State University, 1977
Doctorado en Ingeniería Civil y Ambiental, Utah State University, 1983

CERTIFICACIONES/MATRÍCULAS PROFESIONALES:

Ingeniero Profesional Registrado: California, 1985, No. C039606; Florida, 1987, No. 39350, y varios otros estados.

EXPERIENCIA:

BATTELLE Columbus, Ohio Líder de Investigación Senior para Remediación	1988-1995 y 2000-2003
PARSONS ENGINEERING SCIENCE. Salt Lake City, Utah Gerente Técnico Senior para Remediación	1995-2000
EA ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY, INC. San Francisco, California Gerente de Proyectos e Ingeniero	1983-1988

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DEL AGUA UTAH 1980-1983
Logan, Utah
Ayudante de Investigación

LOUISIANA STATE UNIVERSITY, FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS 1975-1977
Ayudante de Investigación

ACTIVIDADES PROFESIONALES:

Bioremediation Journal [Revista de Biorremediación], Fundador, editor y editor en jefe

Simposio sobre remediación de sedimentos, Co-presidente de la conferencia, Venecia, Italia, 2003

Comité Asesor de Ex-alumnos, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Utah State University, 2001 a la fecha

Simposio sobre remediación de sedimentos, Co-presidente de la conferencia, Venecia Italia, 2001

Centro para la Excelencia Ambiental de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos – perito ponente sobre el tema del potencial de inyección de vapor *in-situ*, 2001

University of Wisconsin, Curso Abreviado sobre Litigio Ambiental: Ciencias Forenses y Estrategias Legales - Nivel Avanzado, dictó la sección sobre MTBE, San Francisco, 2000

Centro Ambiental del Ejército de los Estados Unidos, Integrante del Panel Independiente de Revisión Técnica de las estrategias de remediación del Depósito de Municiones del Ejército en Letterkenny, 2000

Base Hill de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos Dirigió el panel de peritos en declaración anaeróbica, 2000

Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) Invitado como orador principal sobre el tema Manejo de Tecnologías Innovadoras en la Conferencia Temática sobre Remediación Ambiental en el Siglo XXI, Atlanta, 2000

Ciénagas y Remediación: Una Conferencia Internacional, Co-presidente de la conferencia, Salt Lake City, Utah, 1999

British Petroleum (BP) integró el equipo de revisión estratégica que evaluó el enfoque de BP en el manejo de su portafolio de emplazamientos contaminados, 1999

Centro Japonés de Protección Geo-Ambiental, Orador principal en el 2^{do} Taller Internacional sobre Protección Geo-Ambiental, Yokohama, Japón, 1999

Orador Principal ante el Consejo de Ingenieros de Utah en la Cena de la Reunión Anual en Salt Lake City, Utah, 1999

Programa Estratégico de Investigación y Desarrollo Ambiental (SERDP), Presidente de la Junta de Asesoría Técnica, 1998-1999; Miembro de la Junta de Asesoría Técnica 1995 – 2000; Integrante del Panel Asesor de peritos en líquidos densos en fase no acuosa 2001 a la fecha

Centro para la Excelencia Ambiental de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, Dirigió el panel de expertos para la evaluación de un pozo de circulación de aguas subterráneas (GCW) y de tecnologías de bombeo y tratamiento para implementación en una Reserva Militar en Massachussets, 1998-1999

I^{ra} Conferencia Internacional sobre Remediación de Compuestos Clorados Recalcitrantes, Copresidente de la Conferencia, Monterey, California, 1998

Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, Presentó un taller sobre remediación de hidrocarburos, Buenos Aires, Argentina, 1998

Utah State University Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Ex-alumno con distinción, 1998-1999.

Profesor Adjunto, University of Idaho, 1997 a la fecha

Programa Estratégico de Investigación y Desarrollo Ambiental (SERDP), Junta de Asesoría Técnica, 1997 a 2000

Honeywell, Participó en la revisión estratégica del portafolio de programas de remediación de Honeywell, 1997 a 2000

Arco Environmental Remediation Limited (AERL), Participó en la revisión estratégica de enfoques de remediación en todos los emplazamientos *Superfund* contaminados de Arco, así como en los que fueron de su propiedad, 1997 a 1999

Integrante del panel de peritos del Departamento de Energía de los Estados Unidos sobre Remediación de líquidos densos en fase no acuosa en roca fracturada, Laboratorio Nacional de Oak Ridge, 1997 a 1998

Instituto Americano de Petróleo y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos Invitado a integrar el panel de peritos que revisó la política de la EPA sobre Atenuación Natural, Atlanta, Georgia, 1997

Autoridad Portuaria de Nueva York y Nueva Jersey, participó en un panel de arbitraje para evaluar la estrategia de remediación en el Aeropuerto JFK, 1997

Laboratorio Nacional de Ingeniería Ambiental en Idaho (INEEL) Integrante de un panel de arbitraje para evaluar el tratamiento *in situ* de solventes clorados en basalto fracturado, 1996 a 2000

Instructor de un curso abreviado sobre estrategias de remediación a bajo costo, 20 lugares de los Estados Unidos; Londres, Reino Unido; Caracas, Venezuela; Buenos Aires, Argentina; y Abu Dhabi, EAU, 1996 a 2000

Simposio sobre remediación intrínseca de solventes clorados, presidente de la conferencia, Salt Lake City, 1996

Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, Unión Europea, Taller sobre remediación de suelos, Orado invitado e integrante del panel de peritos, Rothamsted, Reino Unido, 1996

Simposio Internacional sobre Inyección de Aire *In-situ*, presidente de la conferencia, Las Vegas, Nevada, 1996

Petróleos de Venezuela, Dirigió un taller sobre remediación de derrames de petróleo, Caracas, 1996

Simposios Internacionales sobre biorreclamación *in situ* y en el emplazamiento: 1991, 1993 y 1995

Programa de las Instalaciones de Demostración del Tecnología Aplicada Avanzada (AATDF), prestó servicios como “asesor de la industria” Rice University, Houston, Texas, 1995 a 2000

Comisión de Acción sobre Biorremediación, Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos Miembro del Comité Ejecutivo, 1995 a 1997

Fuerza Aérea de los Estados Unidos Panel de peritos sobre remediación de líquidos densos en fase no acuosa, Wakulla Springs, Florida, 1995

Grupo de trabajo sobre procesos de oxidación química *in situ*, Cincinnati, Ohio, 1995

Biorreclamación *in situ* y en el emplazamiento: Simposio Internacional. Organizador y presidente de la conferencia. San Diego, California, 1995

Elaboró y dictó un curso abreviado de 2 días sobre inyección de aire para INET, varios lugares de los Estados Unidos y Canadá, 1993 a 1997

Equipo de peritos en inyección de aire, organizado por el Instituto Americano del Petróleo y en Instituto de Postgrado de Oregon, Portland, Oregon, 1994 a 1999

Junta Asesora Editorial de *Gestión de la Remediación*, 1994 a 1998

Orador principal invitado sobre el tema “Remediación de derrames de petróleo” Conferencia sobre el estudio de innovaciones recientes y evaluación ambiental, IRR Ltd., Dubai, Emiratos Árabes Unidos, 1994

Orador principal, Conferencia sobre Ingeniería Geotécnica Ambiental, Edmonton, Alberta, 1994

Orador principal, Simposio GASREP, Calgary, Alberta 1994

Panel de peritos en remediación de sitios con líquidos densos en fase no acuosa del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, San Antonio, Texas, 1994

Integrante de la Junta Ejecutiva de Asesoría al Departamento de Defensa / Instalaciones de Demostración del Tecnología Aplicada Avanzada (DOD/AATDF), 1993 a la fecha

Elaboró y dictó un curso abreviado de 2 días sobre Bioventilación para INET y AWMA, varios lugares de los Estados Unidos y Canadá, 1993 a la fecha

Editor asociado de la Revista de Ingeniería Ambiental, ASCE, 1993 a 1996.

Biorreclamación *In Situ* y en el sitio: Simposio Internacional. Organizador y presidente de la conferencia. San Diego, California, 1993

Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos: Conferencia sobre Extracción del Suelo con Vacío, presidente invitado para la sesión sobre bioventilación. Houston, Tejas, 1991

Biorreclamación *In Situ* y en el sitio: Simposio Internacional. Organizador y presidente de la conferencia. San Diego, California, 1991

Revisor de becas del Centro NIEHS (Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental) 1989 a la fecha

Presidente de SETAC para la sesión sobre Tratamiento Biológico de Suelos y Aguas Subterráneas Contaminados. Toronto, Canadá, 1989

II^{do} Simposio Internacional sobre Separación de Sólidos-Líquidos, presidente de la sesión sobre Tecnologías de Tratamiento *In-Situ*. Columbus, Ohio, 1989

Presidente de SETAC para la sesión sobre biorreclamación mejorada. Pensacola, Florida, 1987

PUBLICACIONES Y PRESENTACIONES:

Pellei, M., A. Porta, y R.E. Hincsee (Editores), Characterization of Contaminated Sediments [Caracterización de sedimentos contaminados] Actas de la Primera Conferencia Internacional sobre Remediación de Sedimentos Contaminados, Venecia, 10-12 de octubre de 2001, Vol. 1(1), Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio, 2002. 357 pp.

Porta, A., R.E. Hincsee, y M. Pellei (Editores), Management of Contaminated Sediments [Manejo de sedimentos contaminados] Actas de la Primera Conferencia Internacional sobre Remediación de Sedimentos Contaminados, Venecia, 10-12 de octubre de 2001, Vol. 1(2), Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio, 2002. 309 pp.

Hincsee, R.E., A. Porta, y M. Pellei (Editores), Remediation and Beneficial Reuse of Contaminated Sediments [Remediación y reutilización eficaz de sedimentos contaminados] Actas de la Primera Conferencia Internacional sobre Remediación de Sedimentos Contaminados, Venecia, 10-12 de octubre de 2001, Vol. 1(3), Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio, 2002. 463 pp.

Leeson, A., P.C. Johnson, R.E. Hincsee, L. Semprini, y V.S. Magar (Editores), In Situ Aeration and Aerobic Remediation [Aireación *in situ* y remediación aeróbica] Actas del VI Simposio Internacional sobre biorremediación *in situ* y en el emplazamiento, Vol. 6(10). Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio, 2001. 391 pp.

Sorenson, K. S., L. N. Peterson, R. E Hincsee, y R. L. Ely. 2001. Evaluation of Aerobic Trichloroethene Attenuation Using First-Order Rate Estimation [Evaluación de atenuación aeróbica de tricloroetileno utilizando estimativos de tasas de primer orden] Revista de Biorremediación 4(4):337-357

Means, J.M., y Hincsee, R.E., (Eds) 2000. Wetlands and Remediation [Ciénagas y remediación] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio.

Boulcault, K J, R E Hincsee, T H Wiedemeier, S W Hoxworth, y T P Swingle 1999. VegOil: A Novel Approach for Stimulating Reductive Dechlorination [Aceite vegetal: un nuevo enfoque a la estimulación de dechloración reductiva] En: Bioremediation and Phytoremediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds [Biorremediación y fitorremediación de compuestos clorados y recalcitrantes], pp 1-9

-
- Downey, D.C., y Hinchee, R.E., y Miller, R.N. 1999. Cost-Effective Remediation and Closure of Petroleum-Contaminated Sites [Remediación costo-eficiente y cierre de sitios contaminados con petróleo]
- Graves, R W, R E Hinchee, D R Burris, S Hirschi, y R Elliott. 1999. Natural Attenuation of Chlorinated Solvent Groundwater Plumes at Hill Air Force Base, Utah [Atenuación natural de plumas de solventes clorados en las aguas subterráneas en la Base de la Fuerza Aérea Hill, Utah] Actas de la Conferencia Annual de la Federación de Ambiente Hídrico, Nueva Orleans.
- Wickramanayake, G.B., Hinchee, R.E., (Editores). 1998. Risk, Resource, and Regulatory Issues: Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds [Problemas de riesgos, recursos, y normatividad: Remediación de compuestos clorados y recalcitrantes] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 321 pp.
- Wickramanayake, G.B., Hinchee, R.E., (Editores). 1998. Nonaqueous-Phase Liquids: Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds [Líquidos de fase no acuosa: Remediación de compuestos clorados y recalcitrantes] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 255 pp.
- Wickramanayake, G.B., Hinchee, R.E., (Editores). 1998. Natural Attenuation: Chlorinated and Recalcitrant Compounds [Atenuación natural: Compuestos clorados y recalcitrantes] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 379 pp.
- Wickramanayake, G.B., Hinchee, R.E., (Editores). 1998. Bioremediation and Phytoremediation: Chlorinated and Recalcitrant Compounds [Biorremediación y fitorremediación: Compuestos clorados y recalcitrantes] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 301 pp.
- Wickramanayake, G.B., Hinchee, R.E., (Editores). 1998. Physical, Chemical, and Thermal Technologies: Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds [Tecnologías física, química y térmica: Remediación de compuestos clorados y recalcitrantes] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 511 pp.
- Wickramanayake, G.B., Hinchee, R.E., (Editores). 1998. Designing and Applying Treatment Technologies: Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds [Diseño e implementación de tecnologías de tratamiento: Remediación de compuestos clorados y recalcitrantes] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 347 pp.
- Hinchee, R E 1997. Natural Attenuation of Chlorinated Compounds in Matrices Other Than Ground Water: The Future of Natural Attenuation [Atenuación natural de compuestos clorados en matrices distintas de aguas subterráneas: el futuro de la atenuación natural] Simposio sobre atenuación natural de compuestos orgánicos clorados en las aguas subterráneas de la Oficina de Investigación y Desarrollo de la EPA
- Hinchee, R.E., 1997, Low Cost Strategies for Remediation of Petroleum Hydrocarbon and Chlorinated Solvent Contaminated Soils [Estrategias de bajo costo para remediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo y solventes clorados]
- Farris, B W y R E Hinchee 1997 Air Quality Planning and Control in Beijing, China [Planeación de la calidad y el control del aire en Beijing, China] Actas de Control de Contaminación 97, Bangkok, Tailandia.

-
- Brown, R. A., R. E. Hinchee, R. D. Norris, y J. T. Wilson. 1996. Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons: A Flexible Variable Speed Technology [Biorremediación de hidrocarburos de petróleo: una tecnología flexible de velocidad variable] Revista de Remediación. Verano 1996 pp 95-109
- Hinchee, R.E. “Innovations in Hydrocarbon Remediation” [“Innovaciones en la remediación de hidrocarburos”] 1996, Simposio de Ingeniería Ambiental de la empresa Colonial Pipeline, Charlotte, Carolina del Norte
- Hinchee, R.E. y Wiediemier, T. “Field Application of Intrinsic Remediation for the In-Situ Treatment of Petroleum Hydrocarbons” [“Aplicación en campo de remediación intrínseca para el tratamiento *in-situ* de hidrocarburos de petróleo”] 1996, Cernobbio, Italia
- Hinchee, R.E. “Bioventing in Low Permeability Soils in Petroleum Contaminated Low Permeability Soils” [“Bioventilación en suelos de baja permeabilidad contaminados con petróleo”] 1995, Publicación del Instituto Americano de Petróleo 4631, pp D-1- D-21
- Hinchee, R.E. “Applying Bioventing in the Field” [“Aplicación de la bioventilación en el campo”] 1995, Simposio sobre bioventilación de la Comisión de la Asociación de Gobernadores Occidentales - DOIT, Salt Lake City, Utah
- Hinchee, R.E. “In Situ Bioremediation” [“Biorremediación *in situ*”] 1995, Sociedad de Ingeniería de Atenas, Atenas, Grecia
- Wheeles, W., C. Beitler, J. Rowe, M. Robins, S. Hichen, R.E. Hinchee, P.C. Johnson, R.L. Johnson, y D.B. McWhorter. 1995. “In-situ Air Sparging” [“Inyección de aire *in situ*”] Demostración de tecnologías para la remediación de aguas subterráneas en la Base de la Fuerza Aérea Hill En: Actas de la Conferencia de Hidrocarburos API/AGSE, Utah. pp. 621-640
- Brown, R. A., R. E. Hinchee, R. D. Norris, y J. Wilson. 1995. “Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons: A Flexible, Variable Speed Technology” [Biorremediación de hidrocarburos de petróleo: una tecnología flexible de velocidad variable] Actas de la Conferencia de Hidrocarburos API/AGSE. pp. 339-354
- Kittel, J. A., A. Leeson, R. E. Hinchee, R. Miller, y P. F. Haas. 1995. “Results of Multi-Site Field Treatability Test for Bioslurping: A Comparison of LNAPL Recovery Rates Using Vacuum Enhanced Recovery (Bioslurping), Passive Skimming, and Pump Drawdown Techniques” [“Resultados de la prueba en campo de tratabilidad de emplazamientos múltiples mediante *bioslurping*: Una comparación de las tasas de recuperación de líquido liviano en fase no acuosa (LNAPL) mediante la recuperación de vacío mejorada (*Bioslurping*), desnatación pasiva, y técnicas de bombeo escalonado”] Actas de la Conferencia de Hidrocarburos API/AGSE. pp. 305-322
- Alleman, B.C., R.E. Hinchee, R.C. Brenner, y P. T. McCauley. 1995. “Bioventing PAH Contamination at the Reilly Tar Site” In Situ Aeration: Air Sparging, Bioventing, and Related Remediation Processes [“Bioventilación de contaminación con HAP en el emplazamiento de alquitrán Reilly” Aireación *in situ*: inyección de aire, bioventilación y procesos de remediación afines] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. pp. 473-482

-
- Foor, D.C., T.C. Zwick, R.E. Hinchee, R.E. Hoepfel, C. Kyburg, y L. Bowling. 1995. "Passive Bioventing Driven by Natural Air Exchange" In Situ Aeration: Air Sparging, Bioventing, and Related Remediation Processes ["Bioventilación pasiva propulsada por intercambio natural de aire" Aireación *in situ*: inyección de aire, bioventilación y procesos de remediación afines] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. pp. 369-375
- Hinchee, R.E., J.A. Kittel, y H.J. Reisinger (Editores). 1995. Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons [Biorremediación aplicada de hidrocarburos de petróleo] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 550 pp.
- Hinchee, R.E., J. Fredrickson, y B.C. Alleman (Editores), 1995, Bioaugmentation for Site Remediation [Bioaugmentación para remediación de emplazamientos] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 276 pp.
- Hinchee, R.E., G.D. Sayles, y R.S. Skeen (Editores). 1995. Biological Unit Processes for Hazardous Waste Treatment [Procesos de unidades biológicas para el tratamiento de desechos peligrosos] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 370 pp.
- Hinchee, R.E., A. Leeson, y L. Semprini (Editores). 1995. Bioremediation of Chlorinated Solvents [Biorremediación de solventes clorados] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 350 pp.
- Hinchee, R.E., J. L. Means, y D.R. Burris (Editores). 1995. Bioremediation of Inorganics [Biorremediación de compuestos orgánicos] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 184 pp.
- Hinchee, R.E., R.E. Hoepfel, y D.B. Anderson (Editores). 1995. Bioremediation of Recalcitrant Organics [Biorremediación de compuestos orgánicos recalcitrantes] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 380 pp.
- Hinchee, R.E., R.N. Miller, y P.C. Johnson (Editores). 1995. In Situ Aeration: Air Sparging, Bioventing, and Related Remediation Processes [Aireación *in situ*: inyección de aire, bioventilación y procesos de remediación afines] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 634 pp.
- Hinchee, R.E., J.T. Wilson, y D. C. Downey (Editores). 1995. Intrinsic Biorremediation [Biorremediación intrínseca] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 278 pp.
- Hinchee, R.E., C.M. Vogel, y F.J. Brockman (Editores). 1995. Microbial Processes for Bioremediation [Procesos microbianos para la biorremediación] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 374 pp.
- Hinchee, R.E., G.S. Douglas, y S.K. Ong (Editores). 1995. Monitoring and Verification of Bioremediation [Monitoreo y verificación de la biorremediación] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. 286 pp.
- Hoepfel, R.E., J.A. Kittel, F.E. Goetz, R.E. Hinchee, y J.E. Abbott. 1995. "Bioslurping Technology Applications at Naval Middle Distillate Fuel Remediation Sites, Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons [Usos de la tecnología de *bioslurping* en emplazamientos de remediación de combustible de destilados intermedios de la Armada, Biorremediación aplicada de hidrocarburos de petróleo] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. pp. 389-400

-
- Leeson, A., R.E. Hinchee, G.L. Headington, y C.M. Vogel. 1995. "Air Channel Distribution During Air Sparging: A Field Experiment" In *Situ Aeration: Air Sparging, Bioventing, and Related Remediation Processes* ["Distribución de canales de aire durante la inyección de aire: Un experimento de campo"] Aireación *in situ*: inyección de aire, bioventilación y procesos de remediación afines] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. pp. 215-222
- Leeson, A., J.A. Kittel, R.E. Hinchee, R.N. Miller, P. E. Haas, y R. Hoeppe. 1995. "Test Plan and Technical Protocol for Bioslurping" *Applied Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons* ["Plan de pruebas y protocolo técnico para *bioslurping*"] Biorremediación aplicada de hidrocarburos de petróleo] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. pp. 335-347
- Leeson, A., P. Kumar, R.E. Hinchee, D. Downey, C.M. Vogel, G.D. Sayles, y R. N. Miller. 1995. "Statistical Analyses of the U.S. Air Force Bioventing Initiative Results" In *Situ Aeration: Air Sparging, Bioventing, and Related Remediation Processes* ["Análisis estadísticos de los resultados de la iniciativa de bioventilación de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos"] Aireación *in situ*: inyección de aire, bioventilación y procesos de remediación afines] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. pp. 223-235
- Sayles, G.D., A. Leeson, R.E. Hinchee, C.M. Vogel, R.C. Brenner, y R.N. Miller. 1995. "Cold Climate Bioventing with Soil Warming in Alaska" In *Situ Aeration: Air Sparging, Bioventing, and Related Remediation Processes* ["Bioventilación en clima frío mediante calentamiento del suelo en Alaska"] Aireación *in situ*: inyección de aire, bioventilación y procesos de remediación afines] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. pp. 297-306
- Zwick, T.C., A. Leeson, R.E. Hinchee, R.E. Hoeppe, y L. Bowling. 1995. "Soil Moisture Effects During Bioventing in Fuel-Contaminated Arid Soils" In *Situ Aeration: Air Sparging, Bioventing, and Related Remediation Processes* ["Efectos de la humedad del suelo durante la bioventilación en suelos áridos contaminados con combustibles"] Aireación *in situ*: inyección de aire, bioventilación y procesos de remediación afines] Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. pp. 333-340
- Johnson, P.C., A. Baehr, R. E. Hinchee, R. A. Brown, y G. Hoah. 1994. "Vacuum Vapor Extraction" *Innovative Site Remediation Technology* ["Extracción de vapor al vacío"] Tecnología innovadora en la remediación de sitios] Volumen I. W.C. Anderson (Editor), Academia Americana de Ingenieros Ambientales, Nueva York. 224 pp.
- Hinchee, R.E. 1994. "Bioventing: State of the Art" ["Bioventilación: Tecnología de vanguardia"] Simposio GASREP, Calgary, Alberta, Canadá
- Hinchee, R.E. 1994. "In Situ Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons: State of the Art" ["Biorremediación *in situ* de hidrocarburos de petróleo: Tecnología de vanguardia"] Conferencia de Ingeniería Geotécnica Ambiental, Edmonton, Alberta, Canadá
- Hinchee, R.E. 1994. "Air Sparging" ["Inyección de aire"] Taller de biorremediación de combustible, Centro de Ingeniería de las Instalaciones de la Armada, Port Hueneme, California
- Hinchee, R.E. 1994. "Basic Principles of Bioventing" ["Principios básicos de la bioventilación"] Taller de biorremediación de combustible, Centro de Ingeniería de las Instalaciones de la Armada, Port Hueneme, California

-
- Hinchee, R.E. 1994. "Biological Aspects of Air Sparging" ["Aspectos biológicos de la inyección de aire"] Taller sobre inyección de aire patrocinado por Oregon Graduate Institute, BP, Chevron, y Shell Oil; Portland, Oregon
- Hinchee, R.E. 1994. "Bioventing for Remediation of UST Sites" ["Bioventilación para la remediación de sitios con tanques subterráneos de almacenamiento"] Curso abreviado de un día en la Conferencia sobre tanques subterráneos de almacenamiento de la Sociedad de Manejo del Aire y los Desechos, St. Louis, Missouri
- Hinchee, R.E. (Editor). 1994. Air Sparging for Site Remediation [Inyección de aire para la remediación de sitios] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. 152 pp.
- Hinchee, R.E. 1994. "Air Sparging State of the Art" Air Sparging for Site Remediation ["Inyección de aire tecnología de punta" Inyección de aire para la remediación de sitios] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. pp. 1-13
- Hinchee, R.E., B.C. Alleman, R.E. Hoeppe, y R.N. Miller (Editores). 1994. Hydrocarbon Bioremediation [Biorremediación de hidrocarburos] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. 496 pp.
- Hinchee, R.E., D.B. Anderson, F.B. Metting, Jr., y G.D. Sayles (Editores). 1994. Applied Biotechnology for Site Remediation [Biotecnología aplicada para la remediación de sitios] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. 504 pp.
- Hinchee, R.E., A. Leeson, L. Semprini, y S.K. Ong (Editores). 1994. Bioremediation of Chlorinated and Polycyclic Hydrocarbon Compounds [Biorremediación de compuestos clorados y policíclicos de hidrocarburos] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. 546 pp.
- Kellems, B.L., y R.E. Hinchee. 1994. "Review of Bioremediation Experience in Alaska" Hydrocarbon Bioremediation ["Revisión de la experiencia de biorremediación en Alaska" Biorremediación de hidrocarburos] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. pp. 438-443
- Means, J.L., y R.E. Hinchee (Editores). 1994. Emerging Technology for Bioremediation of Metals [Tecnología emergente para la bioremediación de metales] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. 158 pp.
- Norris, R.D., R.E. Hinchee, y otros. 1994. Handbook of Bioremediation [Manual de biorremediación] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. 257 pp.
- Ong, S.K., A. Leeson, R.E. Hinchee, J. Kittel, C.M. Vogel, G.D. Sayles, y R.N. Miller. 1994. "Cold Climate Applications of Bioventing" Hydrocarbon Bioremediation ["Aplicaciones de la bioventilación en clima frío" Biorremediación de hidrocarburos] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. pp. 444-453
- Kittel, J.A., R.E. Hinchee, R. N. Miller, C. M. Vogel, y R. E. Hoeppe. 1993. "In Situ Respiration Testing: A Field Treatability Test for Bioventing" ["Pruebas de respiración *in situ*: Prueba en campo de tratabilidad mediante bioventilación"] Actas de la Conferencia Conjunta NWWA/API, Houston, Texas

-
- Hinchee, R.E. 1993. "Polyaromatic Hydrocarbon Remediation" ["Remediación de hidrocarburos poliaromáticos"] Taller de Remediación de Rutgers Carbochemica, Parma, Italia
- Hinchee, R.E. 1993. "Bioventing" ["Bioventilación"] Taller de Suelos de ARCO, Anchorage, Alaska
- Hinchee, R.E. 1993. "Informe de Avance del Programa conjunto de biorremediación *in situ* de la Fuerza Aérea/EPA" Simposio sobre biorremediación en regiones frías, Fairbanks, Alaska
- Hinchee, R.E. 1993. "Bioventing —A Short Course" ["Bioventilación — Curso Abreviado"] Red Internacional de Capacitación Ambiental. Varias presentaciones en San Diego, California; Seattle, Washington; St. Louis, Missouri; Washington, DC; Hilton Head, Carolina del Sur; Anaheim, California; Houston, Texas; y Tampa, Florida
- Hinchee, R.E. 1993. "Bioventing for In Situ Remediation" ["Bioventilación para la remediación *in situ*"] Centro para la Excelencia Ambiental de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos Conferencia sobre Transferencia de Tecnología, San Antonio, Texas
- Hoeppel, R.E., y R.E. Hinchee. 1993. "Enhanced Biodegradation for On-Site Remediation of Contaminated Soils and Groundwater" ["Biodegradación mejorada para la remediación en el sitio de suelos y aguas subterráneas contaminados"] En D.J. Wilson y A. Clark (Editores), Hazardous Waste Site Soil Remediation: Theory and Application of Innovative Technologies [Remediación del suelo en emplazamientos de desechos peligrosos: Teoría e implementación de tecnologías innovadoras] Marcel Dekker Inc., Nueva York, NY. pp. 311-431
- Johnson, R.L., P.C. Johnson, D.B. Mc Whorter, R.E. Hinchee, y I. Goodman. 1993. "An Overview of Air Sparging" ["Descripción general de la inyección de aire"] Journal of Ground Water Monitoring and Remediation [Revista de Monitoreo y Remediación de Aguas Subterráneas], 13(3):127-135
- Leeson, A., R.E. Hinchee, J. Kittel, G. D. Sayles, C. M. Vogel, y R. N. Miller. 1993. "Optimizing Bioventing in Shallow Vadose Zones and Cold Climates" ["Optimización de la bioventilación en zonas vadosas someras y climas fríos"] Hydrological Science Journal [Revista de Ciencias Hidrológicas] 38(4):283-295
- Smith, L.A., y R.E. Hinchee. 1993. In Situ Thermal Technologies for Site Remediation [Tecnologías térmicas *in situ* para la remediación de sitios] Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. 209 pp.
- Hinchee, R.E. 1992. "Bioremediation" ["Biorremediación"] Integrante del Panel de la Teleconferencia de la Asociación Americana para el Manejo del Aire y los Desechos - AWMA, acceso en todos los Estados Unidos y Canadá
- Hinchee, R.E. 1992. "Bioventing" ["Bioventilación"] Integrante del Panel de la Teleconferencia AWMA, acceso en todos los Estados Unidos y Canadá
- Hinchee, R.E. 1992. "Site Remediation in the U.S." ["Remediación de sitios en los Estados Unidos"] Cogema, Paris, Francia

-
- Hinchee, R.E., y S.K. Ong. 1992. "A Rapid In-Situ Respiration Test for Measuring Aerobic Biodegradation Rates of Hydrocarbons in Soils" ["Prueba rápida de respiración *in-situ* para medir las tasas de biodegradación aeróbica de los hidrocarburos en el suelo"] Journal of the American Waste Management Association [Revista de la Asociación Americana para el Manejo del Aire y los Desechos] 42(10):1305-1312
- Hinchee, R.E., S.K. Ong, R.N. Miller, D.C. Downey, y R. Frandt. 1992. Test Plan and Protocol for a Field Treatability Test for Bioventing ["Plan de pruebas y protocolo para una prueba en campo de tratabilidad mediante bioventilación"] Centro para la Excelencia Ambiental de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, Base de la Fuerza Aérea Brooks, Texas. 80 pp.
- Hinchee, R.E., y M. Arthur. 1991. "Bench Scale Studies of the Soil Aeration Process for Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon Soil" ["Estudios de laboratorio del proceso de aireación del suelo para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo"] Revista de Bioquímica y Biotecnología Aplicadas 28/29:901-906
- Hinchee, R.E., D. C. Downey, y P. K. Aggarwal. 1991. "Use of Hydrogen Peroxide as an Oxygen Source for Biodegradation: Part I. Field Studies" ["Uso de peróxido de hidrógeno como fuente de oxígeno para la biodegradación: Parte I. Estudios de campo"] Revista Materiales Peligrosos, 27:287-289
- Hinchee, R.E., D.C. Downey, R. R. Dupont, P. K. Aggarwal, y R. N. Miller. 1991. "Enhancing Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons through Soil Venting" ["Mejoras a la biodegradación de hidrocarburos de petróleo mediante ventilación del suelo"] Revista Materiales Peligrosos, 27:315-325
- Hinchee, R.E., R.N. Miller, y R. R. Dupont. 1991. "Enhanced Bioreclamation of Petroleum Hydrocarbons: An Air-Based In-Situ Process" ["Mejoras a la biorreclamación de hidrocarburos de petróleo: Un proceso *in-situ* basado en aire"] En H. M. Freeman (Editor), Innovative Hazardous Waste Treatment Technology, Biological Processes [Tecnología innovadora en el tratamiento de desechos peligrosos, Procesos biológicos] Vol. 3. pp. 177-185
- Hinchee, R.E., y R.F. Olfenbuttel (Editores). 1991. On-Site Bioreclamation [Biorreclamación en el sitio] Butterworth-Heinemann, Stoneham, Massachusetts. 521 pp.
- Hinchee R.E., S.K. Ong, y R. Hoeppe. 1991. "A Field Treatability Test for Bioventing" ["Prueba en campo de tratabilidad mediante bioventilación"] Ponencia 91-19.4. Presentada ante la Asociación Americana para el Manejo del Aire y los Desechos, Pittsburgh, Pennsylvania. 13 pp.
- Miller, R.N., C.C. Vogel, y R.E. Hinchee. 1991. "A Field-Scale Investigation of Petroleum Hydrocarbon Degradation in the Vadose Zone Enhanced by Soil Venting at Tyndall AFB, Florida" In-Situ Bioreclamation ["Investigación a escala de campo de la degradación de hidrocarburos de petróleo en la zona vadosa mejorada mediante ventilación del suelo en la Base de la Fuerza Aérea de Tyndall, Florida"] Biorreclamación *in-situ*] Butterworth-Heinemann, Stoneham, Massachusetts. pp. 283-302
- Hinchee, R.E. 1991. "Bioremediation Coupled with Soil Vacuum Extraction" ["Biorremediación combinada con extracción del suelo al vacío"] Conferencia de la USEPA sobre extracción de suelo al vacío, Houston, Texas

-
- Hinchee, R.E. 1991. "Bioventing for JP-4 Remediation" ["Bioventilación para remediación de JP-4"] Conferencia sobre Transferencia de Tecnología de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, San Antonio, Texas
- Hinchee, R.E. 1991. "Emerging Technologies for Remediation of Underground Storage Tank Leaks" ["Tecnologías emergentes para remediación de fugas de tanques subterráneos de almacenamiento"] Conferencia de Marathon Oil sobre Desarrollo Tecnológico, Denver, Colorado
- Hinchee, R.E. 1991. "In-Situ Bioremediation" [Biorremediación *in situ*] Serie de Seminarios USEPA/RREL, Cincinnati, Ohio
- Hinchee, R.E. 1991. "In-Situ Bioremediation of Oil-contaminated Soils" [Biorremediación *in situ* de suelos contaminados con petróleo] Serie de Seminarios Corporativos de ARCO, Anchorage, Alaska
- Hinchee, R.E., y R.N. Miller. 1991. "Bioventing for Application to U.S. Air Force Sites" ["Bioventilación para uso en emplazamientos de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos"] Centro para la Excelencia Ambiental de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, Conferencia sobre tecnologías de remediación de sitios IRP, San Antonio, Texas
- Aggarwal, P.K., y R.E. Hinchee. 1991. "Monitoring In-Situ Biodegradation of Hydrocarbons Using Stable Carbon Isotopes" ["Monitoreo de la biodegradación *in-situ* de hidrocarburos mediante isótopos estables del carbono"] Ciencia y Tecnología Ambientales, 25(6):1178-80
- Aggarwal, P.K., J.L. Means, D.C. Downey, y R.E. Hinchee. 1991. "Use of Hydrogen Peroxide as an Oxygen Source for In-Situ Biodegradation: Part II. Laboratory Studies" ["Uso de peróxido de hidrógeno como fuente de oxígeno para la biodegradación: Parte II. Estudios de laboratorio"] Revista Materiales Peligrosos, 27:301-314
- Aggarwal, P.K., J.L. Means, y R.E. Hinchee. 1991. "Formulation of Nutrient Solutions for In-Situ Bioremediation" ["Formulación de soluciones de nutrientes para biorremediación *in-situ*"] Biorreclamación *in-situ*. Butterworth-Heinemann, Stoneham, Massachusetts. pp. 51-66
- Dupont, R.R., W.J. Doucette, y R.E. Hinchee. 1991. "Assessment of In-Situ Bioremediation Potential and the Application of Bioventing at a Fuel Contaminated Site, In-Situ Bioreclamation" ["Evaluación del potencial de la biorremediación *in-situ* e implementación de bioventilación en un emplazamiento contaminado con combustible, Biorreclamación *in-situ*"] Butterworth-Heinemann, Stoneham, Massachusetts. pp. 262-82
- Hinchee, R.E., y R.F. Olfenbuttel (Editores). 1991. In Situ Bioreclamation. [Biorreclamación *in-situ*] Butterworth, Ann Arbor, Michigan. 605 pp.
- Ong, S.K., R.E. Hinchee, R. Hoepfel, y R. Scholze. 1991. "In-Situ Respirometry for Determining Aerobic Degradation Rates" [Respirometría *in-situ* para definir las tasas de degradación aeróbica] Biorreclamación *in-situ*. Butterworth-Heinemann, Stoneham, Massachusetts. pp. 541-45

-
- Wickramanayake, G.B., N. Gupta, y R.E. Hinchee. 1991. "Subsurface Distribution of Liquid Petroleum Hydrocarbon Following a Simulated Leak" ["Distribución en el subsuelo de hidrocarburos líquidos de petróleo posterioremtna a una fuga simulada"] *Revista de Ingeniería Ambiental, Sociedad Americana de Ingenieros Civiles*, 117(5):686-691
- Wickramanayake, G.B., R.E. Hinchee, J.A. Kittel, N.G. Reichenbach, y B.J. Nielson. 1991. "Evaluation of External Vapor Monitoring Devices for Underground Petroleum Products Storage Tanks" ["Evaluación de dispositivos externos de monitoreo de vapor para tanques subterráneos de almacenamiento de productos de petróleo"] *Control de Materiales Peligrosos*, 4(5):32-40
- Hinchee, R.E., D. C. Downey, y R.N. Miller. 1990. "Enhancing Biodegradation of Vadose Zone JP-4 through Soil Venting" ["Mejoras a la biodegradación de la zona vadosa JP-4 mediante ventilación del suelo"] *Actas de la VII Conferencia Nacional del Instituto de Investigación de Control de Materiales Peligrosos sobre la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos/Superfund*, pp. 387-389
- Miller, R.N., R.E. Hinchee, C.M. Vogel, R.R. Dupont, y D.C. Downey. 1990. "A Field Scale Investigation of Enhanced Petroleum Hydrocarbon Biodegradation in the Vadose Zone at Tyndall AFB, Florida" ["Investigación a escala de campo de la biodegradación mejorada de hidrocarburos de petróleo en la zona vadosa en la Base de la Fuerza Aérea de Tyndall, Florida"] *Actas de la Conferencia API/NWWA: Hidrocarburos de petróleo en el ambiente del subsuelo*
- Nack, H., G. B. Wickramanayake, E. Hagen, R. E. Hinchee, B. R. Allen, D. P. Evers, C. L. Triner, D. T. Palmer, y A. Ataley. 1990. *Surface Based Biological Treatment of TCE Contaminated Ground Water* [Tratamiento biológico en la superficie del suelo de aguas subterráneas contaminadas con tricloroetileno] HQ AFESC/RDVW ESL-TR-90-03. Base de la Fuerza Aérea de Tyndall, Florida. 148 pp.
- Wickramanayake, G. B., R. E. Hinchee, J. A. Kittel, N. G. Reichenbach, y B. J. Nielson. 1990. "Evaluation of External Vapor Monitoring Devices for Underground Petroleum Products Storage Tanks" ["Evaluación de dispositivos externos de monitoreo de vapor para tanques subterráneos de almacenamiento de productos de petróleo"] *Actas de la VII Conferencia Nacional del Instituto de Investigación de Control de Materiales Peligrosos sobre la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos/Superfund*, pp. 97-100
- Hinchee, R.E. 1990. "Bioventing for In-Situ Remediation of Petroleum Hydrocarbons" ["Bioventilación para remediación *in-situ* de hidrocarburos de petróleo"] *Asociación Americana de Geólogos Petroleros, San Francisco, California*
- Hinchee, R. E. 1990. "In-Situ Bioremediation of Hydrocarbon Spills" [Bioremediación *in-situ* de derrames de hidrocarburos] *Sociedad Geológica de Ohio del Norte, University of Akron, Ohio*
- Hinchee, R. E. 1990. "In-Situ Remediation of Soil and Ground Water: U.S. Experiences" ["Remediación *in-situ* de suelos y aguas subterráneas: Experiencia estadounidense"] *Centro de Investigación de Recursos Hídricos, Budapest, Hungría*

-
- Hinchee, R. E. 1990. "Remediation Technology Alternatives Overview" ["Descripción General de Alternativas de Tecnologías de Remedación"] Conferencia sobre Tecnologías de Remedación Ambiental de Olin Corporation, Cheshire, Connecticut
- Hinchee, R. E. 1990. "Soil Venting" ["Ventilación de suelo"] Chevron Corporation, Conferencia de Ingeniería Ambiental, Denver, Colorado
- Hinchee, R. E., y R. N. Miller. 1990. "Bioreclamation of Hydrocarbons in the Unsaturated Zone" ["Biorreclamación de hidrocarburos en la zona no saturada"] Envirotech Vienna, Viena, Austria
- Hinchee, R. E., R. N. Miller, R. R. Dupont, y C. A. Vogel. 1990. "Enhanced Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons: An Air-Based In-Situ Process" ["Biodegradación mejorada de hidrocarburos de petróleo: Proceso *in-situ* basado en aire"] Reunión de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Calgary, Alberta, Canadá
- Hinchee, R.E., y R.N. Miller. 1990. "Bioventing for In-Situ Treatment of Hydrocarbon Contamination" ["Bioventilación para el tratamiento *in-situ* de la contaminación por hidrocarburos"] Control de Materiales Peligrosos, 3(5):30-34
- Hinchee, R. E., D. C. Downey, y T. C. Beard. 1989. "Enhancing Biodegradation of Petroleum Hydrocarbon Fuels in the Vadose Zone through Soil Venting" ["Mejoras a la biodegradación de hidrocarburos de petróleo en la zona vadosa mediante ventilación del suelo"] Actas de la Conferencia API/NWWA: Hidrocarburos de petróleo en el ambiente del subsuelo. Columbus, Ohio. pp. 235-248
- Hinchee, R. E., D. C. Downey, J. K. Slaughter, D. A. Selby, M. S. Westray, y G. M. Long. 1989. HQ AFESC/RDVW ESL-TR-88-78. Enhanced Bioreclamation of Jet-Fuel: A Full-Scale Test at Eglin AFB, Florida [Biorreclamación mejorada de combustible jet: Prueba a escala natural en la Base de la Fuerza Aérea de Eglin, Florida] Base de la Fuerza Aérea de Tyndall, Florida. 158 pp.
- Hinchee, R.E., y H.S. Muralidhara. 1989. "Electroacoustical Techniques for Recovering Hydrocarbons from Soils" ["Técnicas electroacústicas para la recuperación de hidrocarburos del suelo"] Actas de la Conferencia sobre prevención y tratamiento de la contaminación de las aguas subterráneas y el suelo en la exploración y producción de petróleo. Columbus, Ohio
- Marks, B. J., D. A. Selby, y R. E. Hinchee. 1989. "Soil Gas and Groundwater Levels of Benzene and Toluene—Qualitative and Quantitative Relationships" ["Niveles de benceno y tolueno en el gas de suelo y las aguas subterráneas — relaciones cualitativas y cuantitativas"] Actas de la Conferencia API/NWWA: Hidrocarburos de petróleo en el ambiente del subsuelo. Columbus, Ohio. pp. 71-86
- Muralidhara, H. S., R. E. Hinchee, F. B. Stulen, G. B. Wickramanayake, y B. F. Jirjis. 1989. "Application of the Electroacoustical Soil Decontamination Process for Enhanced Non-aqueous Phase Liquid Recovery" ["Implementación del proceso de descontaminación electroacústica del suelo para mejorar la recuperación de la fase líquida no acuosa"] Actas de la IIIª Conferencia Nacional sobre acciones exteriores para el restablecimiento de acuíferos, monitoreo de aguas subterráneas, y métodos geofísicos. Asociación Nacional de Pozos de Agua, Dublin, Ohio

-
- Wickramanayake, G. B., R. E. Hinchee, J. A. Kittel, y B. J. Nielson. 1989. "Transport of Jet Fuel Vapors in Porous Media" ["Transporte de vapores de combustible jet en medios porosos"] Actas de la Conferencia API/NWWA: Hidrocarburos de petróleo en el ambiente del subsuelo. Columbus, Ohio. pp. 347-356
- Hinchee, R. E. 1989. "Enhancing Biodegradation through Soil Venting" ["Mejoras a la biodegradación mediante ventilación del suelo"] EPA Estados Unidos, Robert S. Kerr, Laboratorio de Investigación Ambiental, Taller sobre extracción de suelo al vacío, Ada, Oklahoma.
- Hinchee, R. E. 1989. "Emerging Technologies for Soil Remediation at Castalia" [Tecnologías emergentes para la remediación del suelo en Castalia] Società per l'Ambiente, SPA, Gruppo IRI, Génova, Italia
- Hinchee, R. E. 1989. "Soil Remediation: U.S. Experiences and Emerging Technologies at Lega Provinciale Cooperative e Mutue" ["Remediación del suelo: Experiencia estadounidense y tecnologías emergentes en Lega Provinciale Cooperative e Mutue"] Modena, Italia
- Hinchee, R. E. 1989. "Toxicity Treatability" ["Tratabilidad de la toxicidad"] Seminario de Battelle sobre identificación de la toxicidad y evaluación de reducción de toxicidad, Lansing, Michigan
- Hinchee, R. E., G. M. DeGraeve, J. Cooney, W. Clement, y J. A. Fava. 1989. "An Integrated Strategy for Industrial TRES" ["Una estrategia integral para evaluaciones industriales de reducción de toxicidad"] Conferencia Especial de la Federación de Control de la Contaminación del Agua sobre permisos basados en toxicidad para cumplimiento con las normas del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES) y técnicas de laboratorio, Nueva Orleans, Louisiana
- Hinchee, R. E., y D. C. Downey. 1989. "Biodegradation of JP-4 Jet Fuel at the Hill AFB Site" ["Biodegradación de combustible jet JP-4 en el emplazamiento de la Base de la Fuerza Aérea Hill"] Xª Conferencia Annual de la SETAC (Sociedad de Toxicología y Química Ambientales) Toronto, Canadá
- Hinchee, R. E., D. C. Downey, y R. R. DuPont. 1989. "Biodegradation Associated with Soil Vapor Extraction" ["Biodegradación asociada a la extracción de vapores del suelo"] Laboratorio de ingeniería de reducción de riesgos de la USEPA, Taller sobre extracción de vapores del suelo para tanques subterráneos de almacenamiento con fugas, Edison, Nueva Jersey
- Hinchee, R. E., H. S. Muralidhara, F. B. Stulen, G. B. Wickramanayake, y B. F. Jirjis. 1989. "Electroacoustical Soil Decontamination Process for In-Situ Treatment of Contaminated Soils" ["Proceso de descontaminación electroacústica del suelo para tratamiento *in-situ* de suelos contaminados"] En H. S. Muralidhara (Editor), Separación suelo/líquidos: Mejoras en el manejo y la productividad del suelo. Editorial Battelle Press, Columbus, Ohio. pp. 369-384
- Reisinger, H. J., J. M. Kerr, R. E. Hinchee, D. R. Burris, R. S. Dykes, y G. L. Simpson. 1989. "Using Soil Vapor Contaminant Assessment at Hydrocarbon Contaminated Sites" ["Uso de evaluaciones de contaminantes de vapor del suelo en sitios contaminados con hidrocarburos"] En E. J. Calabrese y P. T. Kosteki (Editores), Suelos contaminados con hidrocarburos. Editorial Lewis Publishers, Ann Arbor, Michigan. pp. 303-317

-
- Downey, D. C., R. E. Hinchee, M. S. Westray, y J. K. Slaughter. 1988. "Combined Biological and Physical Treatment of a Jet Fuel-Contaminated Aquifer" ["Tratamiento combinado biológico y físico de un acuífero contaminado con combustible jet"] Actas de la Conferencia API/NWWA: Hidrocarburos de petróleo en el ambiente del subsuelo. Columbus, Ohio. pp. 627-645
- Hinchee, R. E., y D. C. Downey. 1988. "Demonstration of In-Situ Biological Treatment of a Jet Fuel Contaminated Aquifer" ["Demostración de tratamiento biológico *in-situ* de un acuífero contaminado con combustible jet"] Actas de la Conferencia sobre el Modelo del Departamento de Energía de los Estados Unidos. Oak Ridge, Tennessee
- Hinchee, R. E., y D. C. Downey. 1988. "The Role of Hydrogen Peroxide Stability in Enhanced Bioreclamation" ["El papel de la estabilidad del peróxido de hidrógeno en la biorreclamación mejorada"] Actas de la Conferencia API/NWWA: Hidrocarburos de petróleo en el ambiente del subsuelo. Columbus, Ohio. pp. 715-722
- Marks, B. J., R. Gray, R. W. Greensfelder, R. E. Hinchee, y C. A. Presley. 1988. "California Leaking Underground Fuel Manual (LUFT) vs. Risk Assessment Evaluations for Sixteen Service Station Sites" ["Manual de Fugas de Combustible Subterráneo de California (LUFT) frente a las evaluaciones de riesgo para dieciséis emplazamientos de estaciones de servicio"] Hazmacon, 88
- Hinchee, R. E. 1988. "Soil Venting" ["Ventilación de suelos"] Chevron Corporation, Taller de remediación de sitios, Houston, Texas
- Hinchee, R. E. 1988. "Technology Options for Controlling Toxics after the Problem Is Understood" ["Opciones tecnológicas para controlar las sustancias tóxicas una vez que se ha comprendido la problemática"] Avances recientes en la identificación/las evaluaciones de reducción de toxicidad. Curso abreviado en la IXª Conferencia Anual de la SETAC, Washington, D.C.
- Hinchee, R.E. 1988. "Toxicity Reduction Options in Identifying Effluent Toxicity with Biomonitoring and Toxicity Reduction Evaluations" ["Opciones de reducción de toxicidad en la identificación de la toxicidad de efluentes mediante el biomonitoreo y las evaluaciones de reducción de toxicidad"] University of Wisconsin, Madison Facultad de Ingeniería Curso Abreviado Desarrollo Profesional, Madison, Wisconsin
- Hinchee, R. E. 1988. "Treatability Strategies for Toxicity Reduction" ["Estrategias de tratabilidad para reducción de toxicidad"] EPA Estados Unidos, Taller sobre identificación de la toxicidad y evaluaciones de reducción de toxicidad, Atlanta, Georgia
- Hinchee R. E., y D. C. Downey. 1988. "Enhanced Bioreclamation of a JP 4, Jet Fuel, Contaminated Aquifer" ["Mejoras a la biorreclamación de un acuífero JP 4 contaminado con combustible jet"] IXª Conferencia Anual de la SETAC, Washington D.C.
- Hinchee, R.E., D.C. Downey, y E. J. Coleman. 1987. "Enhanced Bioreclamation, Soil Venting and Ground-Water Extraction: A Cost-Effectiveness and Feasibility Comparison" ["Biorreclamación mejorada, ventilación del suelo y extracción de aguas subterráneas: Comparación de costo-eficiencia y factibilidad"] Actas de la Conferencia API/NWWA: Hidrocarburos de petróleo en el ambiente del subsuelo. Columbus, Ohio, pp. 147-164

-
- Hinchee, R. E., y H. J. Reisinger. 1987. "A Practical Application of Multi-Phase Transport Theory to Ground Contamination Problems" ["Una aplicación práctica de una teoría de transporte multifásico a problemas de contaminación terrestre"] *Revista de Monitoreo de Aguas Subterráneas*, 7(1):84-92
- Downey, D. C., R. E. Hinchee, y M. Westray. 1987. "Enhanced Bioreclamation Demonstration for JP-4 Remediation" ["Demostración de biorreclamación mejorada para remediación de JP-4"] VIIIª Conferencia Anual de la SETAC, Pensacola, Florida
- Hinchee R. E. 1987. "Innovative Approaches to Remediation of Contaminated Soils and Groundwater" ["Enfoques innovadores a la remediación de suelos y aguas subterráneas contaminados"] University of California at Davis - Curso Abreviado sobre Tecnologías para el almacenamiento, tratamiento y eliminación de desechos peligrosos, Davis, California (febrero y agosto)
- Hinchee, R. E. 1987. "Subsurface Transport of Fuel Residuals, Considerations for Remedial Design" ["Transporte subterráneo de residuos de combustible, consideraciones para el diseño de la remediación"] Presentado en la Serie de Seminarios de Ingeniería Ambiental de Stanford University, Palo Alto, California
- Hinchee, R. E., H. J. Reisinger, D. Burris, B. J. Marks, y J. S. Stepek. 1986. "Underground Fuel Contamination, Investigation and Remediation: A Risk Assessment Approach to How Clean Is Clean" ["Contaminación subterránea con combustible, investigación y remediación: Un enfoque de evaluación de riesgos para definir cuán limpio es limpio"] Actas de la Conferencia API/NWWA: Hidrocarburos de petróleo en el ambiente del subsuelo. Columbus, Ohio. pp. 539-563
- Hinchee, R. E. 1986. "Leaking Underground Storage, Scope of the Problem" ["Fugas en el almacenamiento subterráneo, alcance del problema"] Presentado en Derecho Ambiental de Maryland: Seminario para propietarios de tanques subterráneos y generadores de desechos peligrosos, Baltimore, Maryland
- Hinchee, R. E. 1986. "Remedial Action for Contaminated Soil and Ground Water" ["Acciones de remediación para suelos y aguas subterráneas contaminados"] Presentado en Derecho Ambiental de Maryland: Seminario para propietarios de tanques subterráneos y generadores de desechos peligrosos, Baltimore, Maryland
- Hardy, T. B., V. D. Adams, B. A. Naeger, M. E. Pitts, y R. E. Hinchee. 1985. "A Survey of Graduate Education in Environmental Engineering" ["Encuesta de Estudios de Postgrado en Ingeniería Ambiental"] Actas de la Conferencia de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) Retos para educadores y practicantes de ingeniería. Columbus, Ohio
- Hinchee, R. E., y H. J. Reisinger. 1985. "Multi-Phase Transport of Petroleum Hydrocarbons in the Subsurface Environment: Theory and Practical Application" ["Transporte multifásico de hidrocarburos de petróleo en el ambiente subterráneo: Teoría y aplicación práctica"] Actas de la Conferencia API/NWWA: Hidrocarburos de petróleo en el ambiente del subsuelo. Columbus, Ohio. pp. 188-201
- Hinchee, R.E. 1985. "Leaking Underground Storage Tanks, Causes and Solutions" ["Fugas en tanques de almacenamiento subterráneos, causas y soluciones"] Presentado ante la Sección de Towson de la Sociedad de Ingeniería de Baltimore, Towson, Maryland

Hinchee, R. E., y H. J. Reisinger. 1985. "Leaking Underground Storage Tanks, Magnitude of the Problem and Regulatory Implications" ["Fugas en tanques de almacenamiento subterráneos, magnitud del problema y consecuencias a nivel regulatorio"] Actas de la Sección Regional de la Autoridad de Control de Contaminación del Agua (WPCA), Ocean City, Maryland

SELECCIÓN DE INFORMES Y EXPERIENCIA EN CONSULTORÍAS:

Parsons Engineering Science, Salt Lake City, Utah (1995-2000)

GERENTE SENIOR TÉCNICO PARA REMEDIACIÓN. Responsable a nivel empresa de la supervisión y dirección técnica. Su participación abarcó una gama desde la revisión de proyectos de colegas y pares hasta la dirección técnica en proyectos claves. Responsable de más de 2000 proyectos en todo el mundo relacionados con una variedad de tecnologías y tipos de contaminantes.

REMEDIACIÓN DEL SITIO SUPERFUND DE BAILEY. Gerente técnico de remediación de un sitio *Superfund* en el Golfo de Méjico en proximidad de Port Arthur, Texas. Como consecuencia de descargas de petróleo, un área grande de ciénaga salina está contaminada con hidrocarburos. La remediación consistió en la excavación de los sedimentos más contaminados para tratamiento fuera del sitio y atenuación natural basada en biorremediación de los suelos menos contaminados.

PROCESO DE REMEDIACIÓN DE SOLVENTE CLORADO CON ACEITE VEGETAL. Gerente técnico de desarrollo e implementación del proceso que emplea aceite vegetal para la biorremediación de solventes clorados. Responsable de la conceptualización inicial y el diseño de los primeros ensayos en campo del proceso y supervisión de las operaciones de campo en emplazamientos en la Florida, Utah, y California.

ACCIÓN DE REMEDIACIÓN BASADA EN RIESGOS. Gerente técnico de la elaboración de un protocolo en que se esbozan los enfoques aceptables para garantizar que se adopte el enfoque de remediación basado en riesgos de más bajo costo en sitios contaminados.

EA Engineering Science and Technology, Inc. San Francisco, California (1983-1988)

BIORREMEDIACIÓN MEJORADA. Gerente de proyecto e ingeniero a cargo de uno de los primeros proyectos integrales de biorremediación *in situ* a gran escala en los Estados Unidos. Para fines de la demostración, se seleccionó un emplazamiento de 1,5 acres contaminado con aproximadamente 25.000 galones de combustible jet JP-4. Las fases iniciales del proyecto previeron análisis de laboratorio en matraz volumétrico para (1) definir los requerimientos de nutrientes y oxígeno para un diseño óptimo, y (2) efectuar la recuperación del producto flotante (JP-4 en fase libre aún sobre el nivel freático). Posteriormente se diseñó y construyó un sistema de entrega de nutrientes que utiliza peróxido de hidrógeno como fuente de oxígeno. Dicho sistema es capaz de bombear de 30 a 50 gpm de aguas subterráneas. El pretratamiento consiste en la separación de aire y la remoción de hierro además de adicionar nutrientes y peróxido de hidrógeno. Se iniciaron los ensayos de campo en enero de 1987, y el sistema comenzó a funcionar a plena marcha en marzo de 1987.

REMEDIACIÓN/INVESTIGACIÓN DE CONTAMINACIÓN CON HIDROCARBUROS. Evaluó las causas de fugas y el alcance de la contaminación en más de 100 emplazamientos contaminados con combustible, y elaboró e implementó diseños de remediación. Los estudios incluyeron la evaluación de las fallas de tanques, evaluación de datos hidrogeológicos y químicos y el modelamiento de transporte multifásico. Las evaluaciones de contaminación incluyeron numerosas

evaluaciones de fuentes múltiples. Los diseños de las acciones de remediación incluyeron recuperación activa (sistemas de 1 y 2 bombas) y pasiva del producto; separación del aire con carbón activado y flujo superficial para tratamiento del agua; y excavación y ventilación inducida del suelo para recuperación de residuos. La implementación incluyó la recuperación activa/pasiva del producto, carbón activado, separación del aire, flujo superficial y ventilación inducida del suelo.

ESTUDIOS DE GAS DEL SUELO. Creó un enfoque innovador para la evaluación de sitios contaminados empleando la técnica de gas del suelo; puso en práctica dicha tecnología en más de 100 emplazamientos contaminados con hidrocarburos en los Estados Unidos. Colaboró en la elaboración de una técnica de toma de muestras de gas activo del suelo y en la creación de un sistema portátil de cromatografías de gas para el análisis en el sitio de constituyentes de gases del suelo.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE REFINERÍA. Dirigió los aspectos de ingeniería de un estudio de evaluación de reducción de tóxicos en una refinería petrolera en el norte de California. Posteriormente a la implementación de los requisitos de California para la descarga de efluentes basada en toxicidad, se determinó que las instalaciones de tratamiento de aguas residuales de la refinería eran inadecuadas para reducir a un nivel aceptable la toxicidad resultante de una mezcla compleja de compuestos orgánicos tóxicos recalcitrantes.

Los estudios incluyeron la elaboración de una planta de tratamiento a escala piloto, la cual constaba de un separador de agua contaminada, dos estanques de aireación de tamaño reducido, unidades de discos biológicos rotativos de cuatro celdas, y una unidad de carbón activado en polvo. Se evaluaron varias modificaciones al sistema en la unidad a escala piloto y se hicieron recomendaciones para las modificaciones en mayor escala.

AUDITORÍAS AMBIENTALES. Evaluó los posibles pasivos ambientales de varias industrias importantes. Como parte de la investigación de diligencia debida previa a la adquisición, trabajó como Gerente de proyecto para la auditoría ambiental de una empresa holding conformada por 104 industrias operativas. Éstas incluyeron empresas fabricantes de pesticidas y otras sustancias químicas, fabricación de electrónicos, manufactura de baterías de plomo-ácido, fundición secundaria de plomo, y 35 sitios amparados por la Ley Federal Integral de Respuesta, Compensación, y Responsabilidad Ambiental (CERCLA).

Ayudante de Investigación, Laboratorio de Investigación de Agua de Utah, Logan, Utah (1980-1983).

IMPACTO DE LA ELIMINACIÓN DE ESQUISTOS DE PETRÓLEO AGOTADOS. Trabajó en investigación de los impactos de la eliminación de esquistos de petróleo procesados. Dicha labor incluyó estudios de calidad de lixiviado y modelamiento de aguas subterráneas para evaluar los impactos. Los estudios incluyeron pruebas de mutagenicidad de Ames a las cuales se sometieron los esquistos de petróleo agotados y los residuos hallados en los lixiviados.

Ayudante de Investigación, Facultad de Ciencias Marinas, Louisiana State University (1975-1977).

IMPACTO EN TIERRA DE LA PRODUCCIÓN PETROLERA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL EXTERNA. Realizó varios estudios en apoyo a un programa de mayor magnitud para documentar el impacto en la zona costera de la producción de petróleo en la plataforma continental externa de Louisiana. Los estudios incluyeron el impacto del dragado y la canalización, de derrames de crudo y de vertimientos de refinerías.

ANEXO 2

Respuesta al Sr. Cabrera en Relacion a su Evaluacion del Programa de Remediación de Piscinas de
PETROECUADOR (PEPDA)

Preparado por:

Ernesto Baca, GSI Environmental, Inc.

ANEXO 3

Evaluación de la base de los costos unitarios de remediación del Sr. Cabrera

En su Anexo N, el Sr. Cabrera utiliza un costo unitario de remediación de \$489/m³ para calcular el costo total de US\$1700 millones para la limpieza de las piscinas en el área de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco.⁵⁹ No obstante ello, en el texto principal de su informe afirma que el costo unitario es de US \$448/m³, sin llegar a explicar la discrepancia. Ambos costos unitarios son, como mínimo, 10 veces mayores que los costos unitarios típicos para biorremediación de suelos en sitios ubicados en los Estados Unidos y Ecuador. En la Tabla 3 del Anexo N, el Sr. Cabrera presenta el sustento técnico de su costo unitario mediante un listado de tipo de contaminante, tecnología de remediación e información de costo para siete emplazamientos, que parecen provenir de la Mesa Redonda Federal sobre Tecnologías de Remediación de los Estados Unidos (FRTR), si bien no cita explícitamente la fuente de los datos que utiliza.

El Sr. Cabrera emplea fuentes desactualizadas como referencias, de las cuales, los datos de publicación más reciente datan de hace más de diez años. Ninguno de los costos unitarios que cita son costos de limpieza de campos hidrocarburíferos, ninguno corresponde a limpieza de crudo, y todos los casos a los que hace referencia se encuentran en los Estados Unidos. Parece que seleccionó mayormente sitios *Superfund*, y no utilizó costos unitarios de emplazamientos contaminados con petróleo crudo. El programa *Superfund* es un programa estadounidense dedicado a la limpieza de sitios muy contaminados, que plantean mayores retos y cuya limpieza es más costosa que la de sitios en campos petroleros. A nuestro leal saber y entender, no existen sitios en el programa *Superfund* con base exclusivamente en contaminación con crudo; de hecho, el Programa *Superfund* incluye una exclusión específica para petróleo, inclusive el crudo:

*“El término ‘sustancia peligrosa’ se define en la Ley CERCLA Artículo 101(14) de manera tal que incluye sustancias que figuran en otras cuatro leyes ambientales (al igual que las designadas en el Artículo 102(a) de CERCLA). La definición excluye ‘petróleo, incluyendo crudo o toda fracción de éste,’ a no ser que figure o se haya designado específicamente en CERCLA.”*⁶⁰

Por lo tanto, no es correcto seleccionar una serie de sitios *Superfund* como base para un estimativo de costos.

Al revisar la información disponible sobre los sitios seleccionados por el Sr. Cabrera de la página Web de la FRTR⁶¹ y la página Web de Innovación Tecnológica de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos – USEPA⁶² se obtiene información sobre sitios y costos que, en algunos casos, contradice los datos presentados por el Sr. Cabrera, según se muestra en la Tabla 1 del presente ANEXO. Una revisión minuciosa de los datos disponibles muestra que:

- Es imposible replicar los costos unitarios del Sr. Cabrera para 4 de los 7 sitios. Para esos 4 sitios, los costos del Sr. Cabrera son hasta el doble de las cifras publicadas en la fuente de información que usó.
- El Sr. Cabrera presenta información engañosa sobre el tipo de contaminante para tres de los sitios. Omite el hecho que los contaminantes en cuestión también incluyen compuestos orgánicos

⁵⁹ Véase la Tabla 3, Anexo N del Informe pericial del Sr. Cabrera's.

⁶⁰ <http://www.epa.gov/superfund/programs/er/triggers/haztrigs/whatsub3.htm>

⁶¹ www.frtr.gov

⁶² www.clu-in.org

clorados y, en un caso, metales. Es así que demuestra una falta de conocimiento fundamental de cómo estas otras sustancias químicas pueden afectar de manera significativa el uso de la tecnología que se adopte para el tratamiento, así como el costo correspondiente.

- El Sr. Cabrera cita erróneamente la tecnología de remediación empleada al referirse sencillamente a “biorremediación *ex-situ*” o “biorremediación” para los siete sitios, cuando en realidad no es así. La verdad es que las tecnologías de remediación usadas en los diferentes emplazamientos varía significativamente y, en la mayoría de los casos, son muy complejas. Por ejemplo, una tecnología de remediación a la que se refiere el Sr. Cabrera como “biorremediación *ex-situ*” en realidad es una forma de compostaje que emplea la recolección y el tratamiento de lixiviado, un sistema de aireación y un sistema de crecimiento y aplicación de inóculo. Una vez más el Sr. Cabrera demuestra básicamente que no tiene conocimiento de las tecnologías ni de los factores que influyen de manera considerable en los costos unitarios.
- De los siete sitios que emplea el Sr. Cabrera como base para su costo unitario inflado, únicamente dos (Fort Greely y Lowry) están contaminados con petróleo, y ambas son comparaciones inadecuadas porque se trata de tanques de almacenamiento subterráneos (UST, por su sigla en inglés) con fugas. Los costos unitarios de biorremediación del suelo para sitios UST son de aproximadamente \$55/m³ (todos los costos se presentan en US\$ de 2007 para mantener coherencia con los datos del Sr. Cabrera) y \$75/m³, bastante más que el costo de remediación del suelo citado por el PEPDA de \$15,71/m³ (PEPDA, 2007).
- Los cinco sitios restantes incluidos en la Tabla 3 del Sr. Cabrera no son para nada pertinentes a la remediación en el área de la antigua Concesión. En términos generales, las fuentes de contaminación son muy diferentes del crudo (en la mayoría de los casos incluyen creosota que se emplea en el proceso de preservación de madera), y las tecnologías de remediación utilizadas son muy complejas e incluyen muchos aspectos que simplemente no se necesitan para la remediación de piscinas en campos petroleros.

En las siguientes secciones se presentan datos adicionales sobre los antecedentes de cada sitio seleccionado por el Sr. Cabrera en el Anexo N de la Tabla 3.

Dubose Oil Products (Sitio *Superfund*):

- Se trata de antiguas instalaciones de tratamiento, reciclaje y eliminación de residuos.
- Las fuentes de contaminación son residuos de aceite, desechos de refinación de petróleo, solventes base aceite, desechos de tratamiento de madera, desechos de combustóleo, y lejías agotadas del decapado de hierro.
- Los contaminantes en cuestión incluyen HAP, pentaclorofenol (PCP), benceno, xileno, tricloroetileno (TCE), y dicloroetileno (DCE).
- La tecnología de tratamiento consta de una aplicación de compostaje que incluye una estructura de tratamiento, un sistema de recolección de lixiviado, un sistema de aireación, un sistema de crecimiento y aplicación de inóculo, y un sistema de tratamiento de aguas residuales en el sitio
- Volumen de tratamiento = 19705 toneladas; costo del tratamiento = US\$5276000.
- Los costos de tratamiento incluyen demolición y remoción de instalaciones en superficie, investigación sobre remediación y estudio de factibilidad, acción de remediación (inclusive el diseño), construcción y supervisión.
- La fuente de contaminantes, los contaminantes en cuestión y la tecnología de tratamiento usadas no son pertinentes a la remediación de campos hidrocarbúricos en el Oriente y, por lo tanto, no puede utilizarse dicha información de costos.

Fort Greely, Alaska

- Es una base militar estadounidense donde hubo fugas de gasolina y diesel de tanques de almacenamiento subterráneo.
- Los contaminantes en cuestión incluyen hidrocarburos semi-volátiles y volátiles no halogenados, inclusive gasolina, diesel y componentes de BTEX.
- La tecnología de tratamiento empleada consta de un tratamiento *ex-situ* de suelo contaminado con gasolina y diesel, con una fase inicial de inspección y lavado del suelo.
- Volumen de tratamiento = 9800 yardas cúbicas; costo del tratamiento = \$290288.
- En este sitio se emplea una estrategia de tratamiento más compleja de lo necesario para las piscinas en el Oriente y, por lo tanto, dichos costos no constituyen un punto de comparación válido.

UST en Base de la Fuerza Aérea Lowry

- Es una base militar estadounidense donde la instalación deficiente de un tanque de almacenamiento subterráneo produjo una fuga de 10500 galones de combustible para calefacción.
- El contaminante en cuestión era TPH.
- La tecnología de tratamiento empleada fue bioventilación *in-situ*, la cual no constituye una tecnología pertinente para piscinas en campos petroleros.
- No se pudo obtener el volumen de tratamiento; costo del tratamiento = \$28650 por concepto de inversión de capital y \$32875 para operaciones y mantenimiento (el costo unitario publicado se presenta en la Tabla 1).

Bonneville Ross Complex (Sitio Superfund)

- Se trata de instalaciones generadoras de energía que incluían operaciones de preservación de madera.
- La fuente de contaminación fue goteo y derrames de creosota que se emplea para la preservación de madera.
- Los contaminantes en cuestión incluyen HAP de alto peso molecular (suma de 8 especificados por la USEPA) y PCP.
- Se emplearon cuatro series de tratamientos del suelo para analizar diferentes combinaciones de mejoras tecnológicas: oxidación ultravioleta, adición de peróxido, adición de etanol y adición de nutrientes.
- Volumen de tratamiento = 2300 yardas cúbicas; costo del tratamiento = \$1082859.
- La fuente de contaminación, los contaminantes en cuestión y la tecnología de tratamiento empleadas no rigen para la remediación de campos petroleros en el Oriente y, por lo tanto, no puede utilizarse la información sobre costos.

Brown Wood Preserving (Sitio Superfund)

- Instalaciones dedicadas antiguamente a la preservación de madera, en las que se utilizaba creosota para el tratado a presión de la madera para exteriores.
- Los contaminantes en cuestión incluyen los HAP de la creosota y PCP.
- El tratamiento consistió en tratamiento sobre el terreno de pilas de suelo contaminado.

-
- Volumen de tratamiento = 8100 yardas cúbicas; costo del tratamiento = \$565409.
 - Los costos incluyen, además, obras de importancia en el sitio y recolección y contención de sólidos.
 - La fuente de los contaminantes y los contaminantes en cuestión no son pertinentes a la remediación de campos hidrocarburíferos en el Oriente y, por lo tanto, no puede utilizarse dicha información de costos.

Scott Lumber Company (Sitio Superfund)

- Instalaciones dedicadas antiguamente a la preservación de madera, en las que se utilizaba creosota y diesel para preservar durmientes de ferrocarril.
- Los contaminantes en cuestión incluyen HAP.
- El tratamiento consistió en tratamiento sobre el terreno de pilas de suelo contaminado.
- Volumen de tratamiento = 15961 toneladas; costo del tratamiento = \$1292000.
- La fuente de los contaminantes y los contaminantes en cuestión no son pertinentes a la remediación de campos hidrocarburíferos en el Oriente y, por lo tanto, no puede utilizarse dicha información de costos.

French Limited (Sitio Superfund):

- Se trata de antiguas instalaciones de eliminación de desechos industriales con permiso de funcionamiento.
- La fuente de contaminación son desechos petroquímicos.
- Los contaminantes en cuestión incluyen HAP, compuestos orgánicos clorados y metales.
- La tecnología de tratamiento empleada consistió en una aplicación a gran escala de biorremediación en fase de lechada, que incluye un sistema innovador para minimizar las emisiones al aire a la vez que suministra una cantidad adecuada de oxígeno a la biomasa.
- Volumen de tratamiento = 300000 toneladas (70000 toneladas de lodo tipo alquitrán y 230000 toneladas de subsuelo); costo del tratamiento = \$26900000.
- Los costos de tratamiento incluyen inversiones significativas en desarrollo de tecnologías, costos de desarrollo, gerencia de proyecto, y supervisión de la USEPA.
- La fuente de contaminación, los contaminantes en cuestión y la tecnología de tratamiento empleadas no rigen para la remediación de campos petroleros en el Oriente y, por lo tanto, no puede utilizarse la información sobre costos.

Tabla 1. Resumen de la información de costos unitarios del Sr. Cabrera tomada del Anexo N, Tabla 3, y la pertinencia y validez de dichos costos

Tabla 3. Anexo N del Informe del Sr. Cabrera					Pertinencia al área de la antigua Concesión			Información de costos correcta		
Nombre del Proyecto	Año	Contaminante	Tecnología	Costo Unitario (US 2007 \$/m ³)	¿Es un sitio con crudo?	¿Sitio Superfund?	¿Contaminantes válidos y tecnología de remediación?	Costo Unitario Calculado según FRTR (\$/m ³)	Costo Unitario (US 2007 \$/m ³)	Costo Unitario (US 2008 \$/m ³)
Dubose Oil Products Co.	1994	BTEX, TPH	biorremediación <i>ex-situ</i>	\$1078	No	Sí	No	\$535,50	\$749,05	\$770,04
Fort Greely, Alaska	1997	BTEX, TPH	biorremediación <i>ex-situ</i>	\$98	No	No	No	\$58,29	\$75,29	\$78,30
Lowry AFB, tanques subterráneos	1993	BTEX, TPH	biorremediación <i>ex-situ</i>	\$55	No	No	No		\$54,51	\$56,70
Bonneville Ross Complex	1996	HAP de alto peso molecular	biorremediación <i>ex-situ</i>	\$812	No	Sí	No	\$612,05	\$808,65	\$841,03
Brown Wood Preserving	1990	HAP	biorremediación <i>ex-situ</i>	\$162	No	Sí	No	\$101,64	\$161,21	\$167,66
Scott Lumber Co.	1991	HAP	biorremediación	\$757	No	Sí	No	\$193,72	\$294,85	\$306,65
French Ltd	1993	HAP	biorremediación <i>ex-situ</i>	\$460	No	Sí	No	\$198,67	\$285,01	\$296,42

