

BIO-REMEDIACIÓN DE SUELOS ASISTIDA CON RESIDUOS INDUSTRIALES

Graciela Vecchioli¹, Oscar Costanza¹ y Selenco Jorge²

¹Universidad Nacional de La Plata - ²Repsol YPF

Email: gravec@incam.com.ar

Resumen

Las operaciones diarias de una Industria pueden generar derrames de contaminantes en suelo. El sistema tradicional de limpieza consiste en remplazar la tierra contaminada por tierra limpia.

Con el objetivo de implementar una gestión más racional se trabaja en el desarrollo de tecnologías de bio-remediación que aprovechan otros residuos, generados dentro de la misma refinería, para recuperar las tierras contaminadas. De ésta forma, se logra remediar la tierra y tratar residuos en forma simultánea.

Las tierras tratadas no muestran características peligrosas (toxicidad, lixiviabilidad), se encuentran estabilizadas y resultan aptas para ser usadas sin restricciones dentro del predio industrial ya que cumplen con todos los requerimientos establecidos por la legislación. Las tierras recuperan su capacidad de sostener el crecimiento de plantas y se usan para favorecer la recuperación “in situ” de sitios afectados.

La tecnología implementada permite cumplir con el compromiso ambiental de recuperar tierras contaminadas para usos industriales, evita hacer disposiciones innecesarias de materiales recuperables, reduce los requerimientos de “tierras limpias” y puede adaptarse a tratamientos *in situ*. Al logro del objetivo ambiental de recuperar la tierra, se agrega una efectiva reducción de costos económicos y ambientales.

Introducción

La generación de residuos, su manejo, tratamiento y disposición final constituye una temática importante dentro de la gestión medioambiental de cualquier industria. En el caso de la industria petrolera y más específicamente en la etapa de refino la gestión de residuos se complica por la diversidad de residuos generados. Otra complicación consiste en la presencia de residuos no sólo de distinto origen sino también de distinta antigüedad.

En el año 2000 encaramos la tarea de demostrar que es posible mejorar la gestión de residuos, seleccionando aquellos que pueden ser revalorizados de modo de obtener una rentabilidad o beneficio adicional de los mismos.

Para lograrlo era necesario, en primera instancia identificar los residuos disponibles y caracterizarlos. El paso siguiente fue seleccionar aquellos residuos que permitieran demostrar que lograr el objetivo propuesto era posible y a partir de ahí propiciar un cambio de prácticas que permita armar una gestión más sustentable basada en tecnologías de reciclado y tratamiento de residuos y no en las antiguas prácticas de disposición.

Se presentan los avances y logros obtenidos y la metodología utilizada para alcanzarlos.

Desarrollo

1. Identificación de residuos

Una refinería de petróleo genera residuos industriales especiales y residuos industriales equivalentes a domiciliarios.

Los residuos especiales se pueden clasificar en residuos generados durante la producción, barros residuales de los sistemas de tratamiento de efluentes y tierras contaminadas resultantes de operaciones de limpieza de derrames en suelo. Todos ellos se caracterizan por ser mezclas complejas de contaminantes orgánicos e inorgánicos, que a su vez se encuentran en una matriz compleja.

Los residuos “domiciliarios” se generan en comedor, oficinas y tareas de mantenimiento de espacios verdes.

2. Selección y caracterización de residuos

Los primeros residuos seleccionados para ser caracterizados fueron tierras contaminadas, retiradas de sus sitios originales luego de haberse producido algún derrame. Estas tierras tenían una alta probabilidad de poder ser tratadas por bio-remediación, una tecnología de tratamiento que bien operada podría resultar económica, no generaría nuevos residuos y permitiría lograr un nivel de limpieza que posibilitaría algún tipo de reuso de la tierra.

También se analizaron muchos residuos especiales, entre los cuales detectamos uno que podía aportar nutrientes para la bio-remediación de las tierras.

En el perfil cromatográfico de este residuo se resuelven e identifican numerosos constituyentes mientras que en los perfiles de las tierras predomina una mezcla compleja sin resolver y se resuelven muy pocos picos, típico de contaminaciones antiguas.

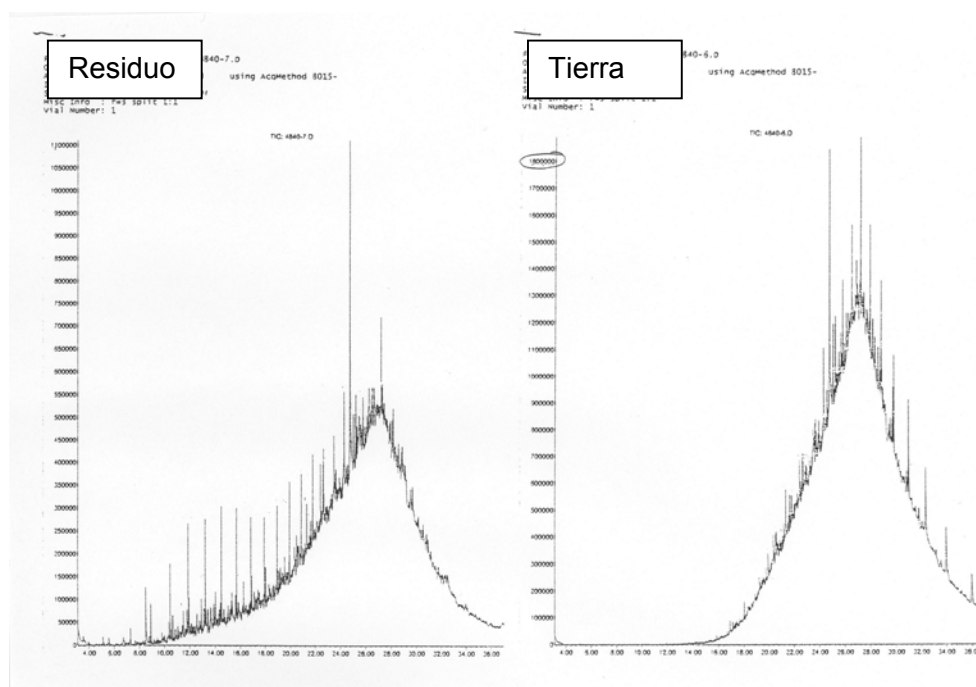


Figura 1: Perfiles cromatográficos de residuo y tierra contaminada

3. Diseño de tecnología de bio-remediación de tierras contaminadas aprovechando un residuo que aporta nutrientes

3.1- Ensayos de Tratabilidad

Dada la extrema complejidad de los residuos, es imposible predecir las interacciones que ocurren entre los numerosos constituyentes y entre éstos y los de la tierra.

Los estudios de tratabilidad son pruebas de laboratorio en pequeña escala. Se realizan con cada tierra y residuo seleccionado para obtener información sobre la eficacia de distintas formulaciones.

Tomando los datos de la caracterización de una de las tierras (T3) y del residuo (R) que podría aportar nutrientes se calcula la concentración teórica de residuo que habría que incorporar a la tierra para mejorar la relación de nutrientes y por lo tanto favorecer el crecimiento microbiano. Los cálculos muestran que incorporando entre 25 y 50 % (P/P) de residuo se obtienen relaciones de nutrientes aptas para el crecimiento microbiano.

Parámetro	Unidad	T3	T3+25%R	T3+50%R
Carbono orgánico	%	12,2	12,9	13,6
Nitrógeno total	%	0,19	1,13	2,08
Fósforo asimilable	mg/kg	12	68	123
C/N		64,21	11,39	6,55
C-N-P		100-1,56-0,01	100-8,78--0,05	100-15,26-0,09

Para evaluar si las formulaciones propuestas son capaces de incrementar la actividad microbiana y de incentivar los procesos de biodegradación se armaron los siguientes sistemas:

Sistema T3: Tierra sin residuo
Sistema T3+25%R: Tierra con 25 % R
Sistema T3+50%R: Tierra con 50 % R

En cada sistema se midió la actividad microbiana y la concentración de hidrocarburos .

La actividad se determinó como el dióxido de carbono producido en 24 horas de incubación y los hidrocarburos se cuantificaron por EPA 418.1 y EPA 8015.

En la Figura 2 se observa que el agregado de concentraciones crecientes de R aumenta la actividad microbiana y la mantiene por encima de la de la tierra hasta el final del ensayo.

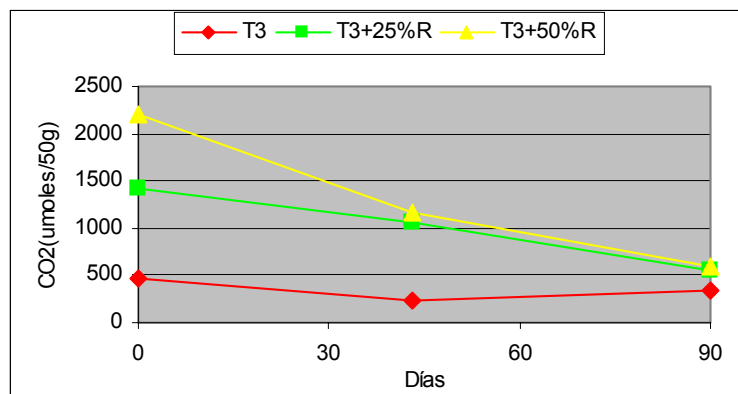


Figura 2: Efecto del agregado de residuo sobre la actividad microbiana de la tierra.

En el residuo ambas determinaciones de hidrocarburos arrojaron valores similares (aprox. 20.000 mg/Kg). En la tierra la concentración de hidrocarburos medida por EPA418.1 es de aproximadamente 80.000 mg/Kg, pero medida por EPA 8015 es sólo de 2000 mg/Kg. Esta diferencia vuelve a mostrar la antigüedad de la contaminación de la tierra.

Como consecuencia de lo anterior, el agregado de concentraciones crecientes de R (Figura 3) disminuyen la concentración de hidrocarburos totales (EPA 418) mientras que aumentan la concentración de compuestos orgánicos cromatografiados (EPA 8015).

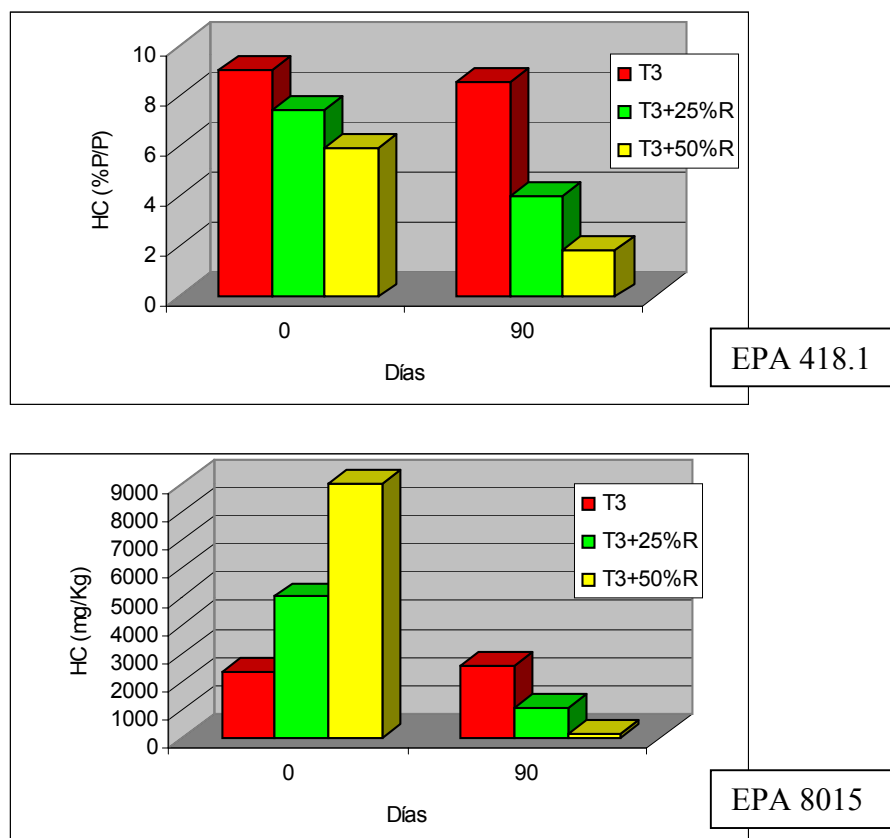


Figura 3: Efecto del agregado de residuo sobre la concentración de hidrocarburos

Los sistemas sin residuo, que mantuvieron una actividad constante durante el ensayo, no mostraron degradación de hidrocarburos.

La mayor actividad microbiana en los sistemas con residuo se refleja en la disminución de los hidrocarburos medidos por cualquiera de las dos técnicas. En el sistema con 25% de residuo se detectan disminuciones de hidrocarburos del 79 % por EPA 8015 y del 47% por EPA 418.1. En el sistema con 50% de residuo se detectan disminuciones de hidrocarburos del 99 % por EPA 8015 y del 69 % por EPA 418.1.

Aunque la mayor eliminación de hidrocarburos se obtiene con el agregado de 50 % de residuo, ésta proporción de residuo agrega una humedad al sistema que dificulta las operaciones. Este inconveniente podría sobrellevarse haciendo aplicaciones fraccionadas.

3.2 Diseño de instalaciones

Las características de los materiales a tratar (tierras con alto contenido de arcillas y constituyentes especiales) y del sitio (lluvias superiores a los 1000 mm anuales y freática poco profunda) definieron las características de las instalaciones requeridas para el tratamiento. Se construyeron celdas de tratamiento que permiten controlar el proceso de bio-remediación y evitar la posible migración de contaminantes. Cada celda se encuentra impermeabilizada, tiene un lecho filtrante, techo y una capacidad útil de 300 m³.

3.3. Proceso

El paso previo a la aplicación de los materiales que constituyen la formulación en la celda de tratamiento es el acondicionamiento de la tierra contaminada. En los montículos en los que se almacena se encuentran tierras de distintos orígenes, con distinto nivel y antigüedad de contaminación, con contaminantes distintos y que se encuentran tanto libres como fuertemente adsorbidos a la matriz. El acondicionamiento consiste en operaciones de trituración, mezclado y tamizado. Este proceso permite obtener un material más homogéneo y con un tamaño de partícula que permite el acceso de los microorganismos degradadores al contaminante.

Una vez aplicada la tierra y el residuo en la celda, la interacción en la matriz de los contaminantes, los microorganismos y los nutrientes y el aporte de oxígeno se favorecen mediante operaciones de laboreo. Se estimula la actividad de los microorganismos presentes en las tierras y residuos a remediar controlando los parámetros que la afectan: pH, temperatura, humedad y nutrientes.



Foto 1: Operación de laboreo en celda de tratamiento

3.4. Plan de monitoreo

El proceso se monitorea considerando tanto los parámetros que regulan el proceso como el cumplimiento de los objetivos de tratamiento. Se analizan los siguientes parámetros: bacterias heterótrofas y degradadoras de hidrocarburos, actividad biológica, ensayo de toxicidad con semillas, pH, humedad, nutrientes, hidrocarburos totales e hidrocarburos aromáticos polinucleares, metales legislados y metales y PAHs en el lixiviado al final del proceso.

4. Resultados obtenidos con distintos lotes de tierra y residuo

Durante el tratamiento no todos los lotes evolucionan de la misma manera. Sin embargo, en todos los casos se registra una disminución tanto de los recuentos de bacterias como de la actividad microbiana y de la fitotoxicidad acompañada de la disminución de hidrocarburos, incluidos los aromáticos polinucleares.

En la figura 4 se muestra la evolución típica de la actividad microbiana y los recuentos bacterianos. Al final del tratamiento la actividad microbiana es compatible con la de suelos estabilizados, en los que hay poca disponibilidad de fuentes de carbono mineralizables.

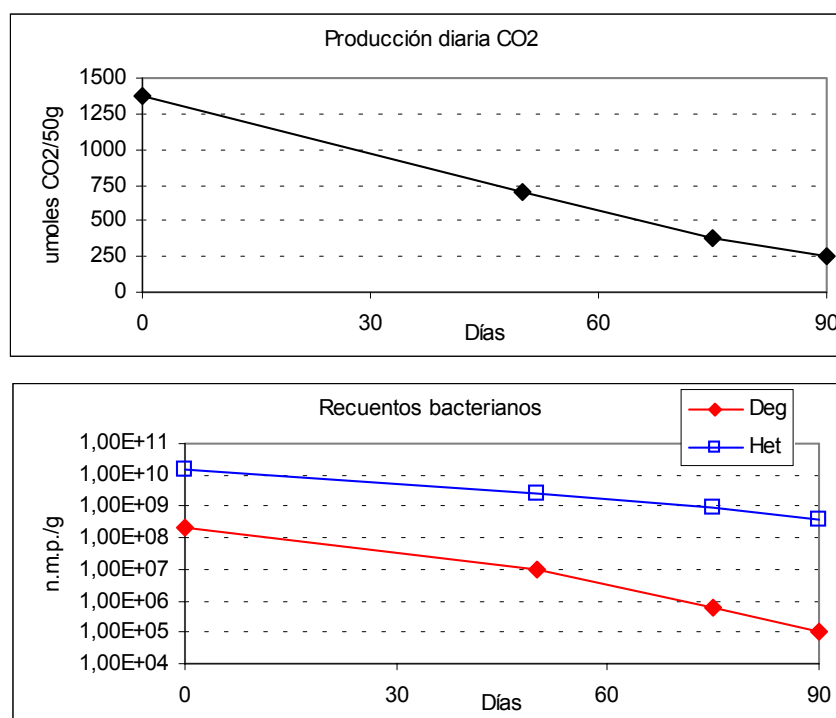


Figura 4: Evolución de la actividad microbiana y recuentos bacterianos durante el tratamiento

En la figura 5 se muestra la evolución típica de los perfiles cromatográficos durante el tratamiento. Al comienzo del proceso se resuelven numerosos picos montados sobre una mezcla compleja sin resolver. Aproximadamente a los 60 días de tratamiento desaparecen los picos resueltos y comienza a disminuir el levantamiento de la línea de base. Esta disminución se acrecienta al aumentar el tiempo de tratamiento.

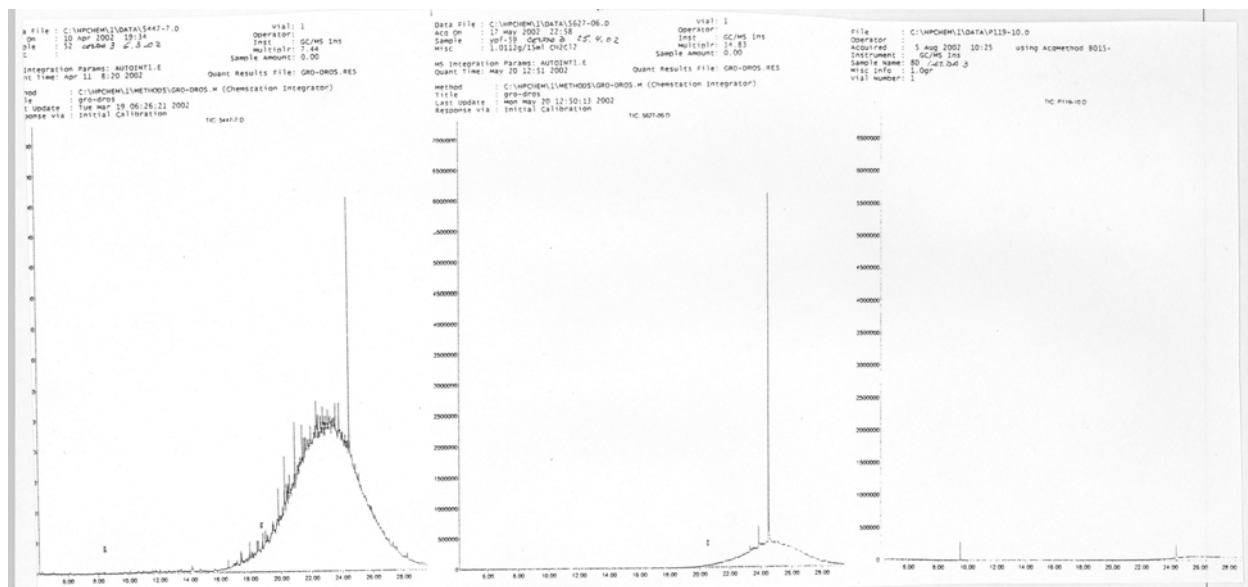


Figura 5: Evolución de los perfiles cromatográficos durante el tratamiento

En la figura 6 se muestra que en algunos lotes la fitotoxicidad inicialmente alta disminuye con el tratamiento mientras que en otros lotes la toxicidad aumenta, para luego desaparecer. Una vez suspendidos los laboreos se observa la revegetación espontánea del material tratado.

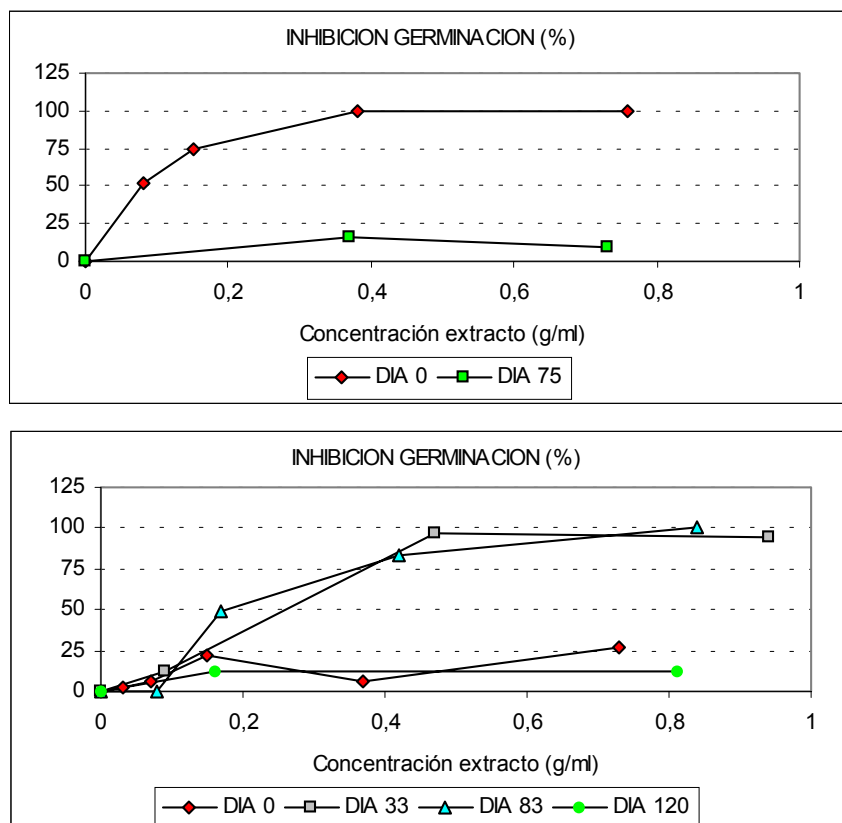


Figura 6: Evolución de la toxicidad durante el tratamiento

El tiempo de tratamiento necesario para liberar el lote depende generalmente de la desaparición de la toxicidad.

5. Características de las tierras bio-remediadas

Las tierras tratadas cumplen con los objetivos de un proceso de bio-remediación: tienen niveles de hidrocarburos residuales y metales pesados compatibles con los niveles guía para suelos de uso industrial. No presentan fitotoxicidad y se cubren de pasto espontáneamente.

Conclusiones

La tecnología de bio-remediación diseñada para aprovechar otros residuos generados dentro de la misma refinería permite recuperar tierras contaminadas. De esta forma, se logra remediar la tierra y tratar residuos en forma simultánea.

Las tierras tratadas no muestran características peligrosas (toxicidad, lixiviabilidad), se encuentran estabilizadas y resultan aptas para ser usadas sin restricciones dentro del predio industrial ya que cumplen con todos los requerimientos establecidos por la legislación. Las tierras recuperan su capacidad de sostener el crecimiento de plantas y se usan para favorecer la recuperación “in situ” de sitios afectados.

La tecnología implementada permite cumplir con el compromiso ambiental de recuperar tierras contaminadas para usos industriales, evita hacer disposiciones innecesarias de materiales recuperables, reduce los requerimientos de “tierras limpias” y puede adaptarse a tratamientos *in situ*. Al logro del objetivo ambiental de recuperar la tierra, se agrega una efectiva reducción de costos económicos y ambientales.

Existen otros residuos que pueden aprovecharse tales como algunos materiales filtrantes que ayudan a mejorar la textura de las tierras a remediar y los residuos orgánicos domiciliarios con los que se puede generar un compost útil para mejorar la calidad de las tierras bio-remediadas. Se está trabajando sobre el aprovechamiento de estos residuos.

Bibliografía

Atlas R.M. , 1984. Petroleum Microbiology. Macmillan Publishing Company. New York.

Hurst C.J. y col., 1997. Manual of Environmental Microbiology. American Society for Microbiology. Washington D.C.

Vecchioli G.I. y col. 1997. Extent of cleaning achievable by bioremediation of soil contaminated with petrochemical sludges. J.Chem. Biotechnol. 70, 331-336.

Eweis J.B. y col. 1998. Bioremediation Principles. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering.