INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS UTILIZANDO LODOS RESIDUALES ESTABILIZADOS

Carmen Cárdenas (*)
Centro de Investigación del Agua (CIA), Universidad del Zulia (LUZ). Investigadora ordinaria y Jefe de la Sección de Proyectos Especiales en el Instituto de Investigaciones Petroleras (LUZ). Directora del Centro de Investigación del Agua (CIA) desde 1.996.
Ismenia Araujo Vílchez: Centro de Investigación del Agua (CIA), Universidad del Zulia (LUZ).
Marianela Bohórquez:
Karinés Gómez:
Nancy Angulo: Centro de Investigación del Agua (CIA), Universidad del Zulia (LUZ).
Angel Gómez: Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ).

Dirección postal del autor principal (*): Centro de Investigación del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Ciudad Universitaria – Maracaibo - Estado Zulia - Código Postal : 4005 - Venezuela. Telf.: 58 (0261) 7431306 - 7597181 - Fax: 58 (0261) 7597182. e-mail: chcarden @ luz.ve - ismenia_araujo @ hotmail.com - yabroudi @ hotmail.com

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la influencia de la fertilización y aplicación de lodos residuales sobre la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos se realizó un ensayo en laboratorio el cual consistió de seis tratamientos: Tratamientos 1, 2 y 3 con proporciones de lodo de 0%, 30% y 70%, respectivamente y Tratamientos 4, 5 Y 6 con proporciones de lodo de 0%, 30% Y 70%, respectivamente y con fertilizante. Los experimentos tuvieron una duración de tres meses, determinándose periódicamente: heterótrofos mesófilos, concentración de hidrocarburos, porcentaje de remoción de hidrocarburos, nitrógeno, fósforo, materia orgánica, pH, humedad, porcentajes de saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos. Los resultados indicaron que se obtuvo una remoción de hidrocarburos de 14,64%; 41,98%; 53,19%; 38,47%; 47,46% y 62,68%; en los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente. Las fracciones de hidrocarburos presentaron una transformación parcial de resinas en aromáticos, una degradación parcial de asfaltenos y la degradación casi total de saturados. De este estudio se puede concluir que los lodos residuales y la fertilización ejercieron una influencia muy significativa ($P<0,001$) sobre la eficiencia de la biorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos.

Palabras clave: Biorremediación, lodos residuales, hidrocarburos, fertilización.

INTRODUCCIÓN

Los derrames de crudo se caracterizan por un movimiento horizontal y vertical del crudo en el suelo, ocasionando la evaporación de compuestos volátiles y la lixiviación de sustancias que contribuyen a la formación de residuos de hidrocarburos. La utilización de microorganismos que degradan o transforman diferentes compuestos nocivos en otros de menor toxicidad o materia orgánica en descomposición, promueve el crecimiento de microorganismos degradadores (Romero, 2000). Estas degradaciones o cambios ocurren usualmente en la naturaleza y una adecuada manipulación de los sistemas biológicos puede aumentar la velocidad de cambio o

degradación (Muñoz, 1997). Se han realizado estudios, en los cuales se utilizan lodos residuales, corteza de árboles, pedacitos de madera, frutas en descomposición, heces y otros materiales para degradar los compuestos orgánicos presentes en los suelos (Eweis *et al*., 1999). Los lodos residuales pueden provenir de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas ó industriales y se caracterizan por tener alto contenido de nutrientes.

OBJETIVO

Evaluar a escala piloto el efecto de los lodos residuales y la fertilización sobre la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES

El estudio de biorremediación se realizó en los Laboratorios de Ingeniería Ambiental y Microbiología Industrial del Centro de Investigación del Agua de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia; y consistió en un ensayo piloto de biorremediación aerobia (compostaje) de un suelo contaminado con ripio, utilizando lodos provenientes de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, como esponjante, y fosfato diamónico como fertilizante. Previo al montaje del experimento, el lodo se caracterizó físico-químicamente; y periódicamente, durante el estudio, se tomaron muestras de cada tratamiento a las cuales se les realizó determinaciones de microbiológicas y físico-químicas. Se realizaron seis tratamientos, para ello se prepararon recipientes plásticos de 9 litros de capacidad, a los cuales se les agregó 8 kilogramos de lodo en una proporción de 30 y 70% p/p y el fertilizante se adicionó en un 7,5%. A los tres recipientes restantes se les agregó las mismas proporciones de lodo que a los anteriores con la diferencia de que á estos no se les agregó fertilizante. Para cada tratamiento se montaron dos repeticiones. Periódicamente se aplicó el riego y una labranza manual manteniendo así condiciones optimas de humedad y aireación. Se realizaron análisis microbiológicos (heterótrofos mesófilos) y físico-químicos (hidrocarburos totales, SARA, nitrógeno, fósforo, materia orgánica, pH, humedad, temperatura) por duplicado (ASA,1986; APHA, 1998).
Se aplicó un diseño experimental de parcelas divididas en el tiempo, completamente al azar, donde la parcela principal tiene el factor lodo, con 3 niveles (0%, 30% y 70%). La parcela secundaria o subparcela tiene dos niveles (con y sin fertilización) y cuatro niveles de tiempo, con dos repeticiones por tratamiento. En el análisis estadístico se empleó la prueba de análisis de la varianza ANOVA para todas las variables en estudio y la prueba de Tukey para evaluar el grado de significancia de los tratamientos. Se evaluó el grado de asociación de las variables determinando los coeficientes de correlación de Pearson. Se utilizó el paquete SAS (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización de lodo residual estabilizado: nitrógeno, 1,7%; fósforo, 6.788 mg/Kg; Materia Orgánica, 24,7% y pH, 6; ofrecen al lodo cualidades como fertilizante y como promotor del crecimiento bacteriano.
La cantidad de hidrocarburos disminuyó a medida que transcurría el tiempo en todos los tratamientos, evidenciándose la mayor eficiencia en la degradación de hidrocarburos totales en el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de lodo (70%) y fertilizantes. Se produjo la transformación parcial de las resinas en aromáticos, una degradación parcial de asfaltenos y la degradación casi total de hidrocarburos saturados.
Los resultados de las medias de nitrógeno total por tratamiento y por tiempo mostraron una disminución brusca del contenido de nitrógeno en el primer mes de tratamiento, el cual continuó

disminuyendo con más lentitud durante todo el estudio hasta casi su agotamiento, coincidiendo con el incremento de la población bacteriana (Lugo y Mesa, 2001). En todos los tratamientos se observó una disminución progresiva del fósforo, sin embargo no llegó a su agotamiento durante el proceso y se presentaron remanentes de 3000-6000 mg/Kg. Durante el primer mes se observó un ligero incremento de la materia orgánica, estabilizándose hasta el final de la investigación. Los factores medioambientales (pH, humedad y temperatura) se mantuvieron en condiciones óptimas para el crecimiento microbiano.

La Figura 1 muestra la similitud entre las curvas de crecimiento bacteriano en los tratamientos con fertilizantes con 30% y 70% de lodo. Se observa un incremento de la densidad poblacional desde el inicio del ensayo hasta finalizar el estudio.

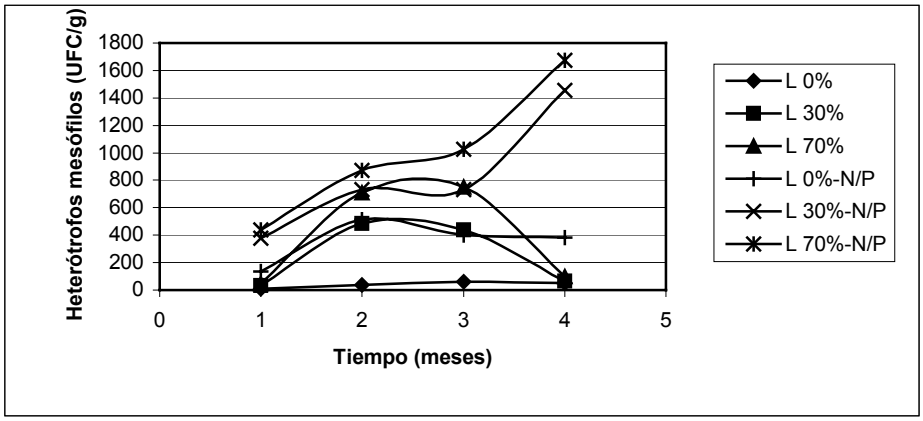

Figura 1: Densidad poblacional de Heterótrofos mesófilos.

Este comportamiento pudo deberse a la presencia de un sustrato de fácil degradación y a que los organismos contaban con suficiente fertilizante. Igual comportamiento se observó en los tratamientos con lodo 30% sin fertilizante y lodo 70% sin fertilizante, en los cuales hubo un incremento de la densidad poblacional disminuyendo ésta a partir del segundo mes. Esta disminución pudo ocurrir debido al consumo parcial de la materia orgánica y de los nutrientes nitrógeno y fósforo. Las densidades poblacionales de los tratamientos sin fertilizante siempre estuvieron por debajo de los tratamientos con fertilizantes. El tratamiento sin lodo ni fertilizante presentó los títulos poblacionales más bajos en todo el estudio a diferencia del tratamiento sin lodo y con fertilizante donde la adición de fertilizante incremento la densidad poblacional de los organismos presentes. Resultados similares se obtuvieron en muestras tratadas con lodo reportando contajes inferiores en las muestras tratadas sin lodo (Lugo y Mesa, 2001). En contraste con los resultados obtenidos en este estudio, Chirinos y Pereira (1.991) mostraron como a medida que aumentó la cantidad de lodo aplicado, la población bacteriana disminuyó, debido a la presencia de altas concentraciones de hidrocarburos (4.000 ppm en promedio) en la composición del lodo.

La remoción de hidrocarburos se incrementó en función del tiempo de aplicación del tratamiento. El lodo actuó como un acondicionador de suelos para facilitar el transporte de nutrientes, aumentar la retención de agua, proporcionar nutrientes a los organismos (nitrógeno, fósforo, materia orgánica). La Figura 2 muestra que en los tratamientos con mayor porcentaje (70%) de lodo la remoción de hidrocarburos fue mayor, así la biorremediación fue más eficiente en el tratamiento con mayor cantidad de lodo y fertilizante.

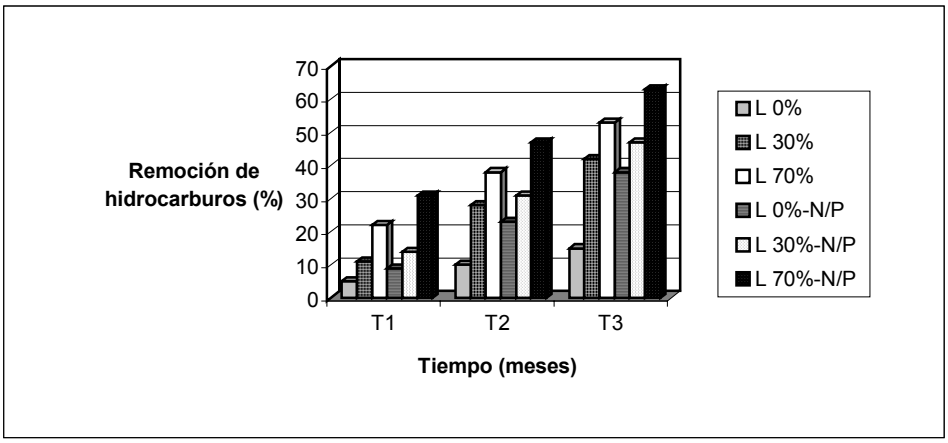

Figura 2: Remoción de hidrocarburos.

Los resultados indicaron que se obtuvo una remoción de hidrocarburos de 14,64%; 41,98%; 53,19%; 38,47%; 47,46% y 62,68%; en los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente. Las fracciones de hidrocarburos presentaron una transformación parcial de resinas en aromáticos, una degradación parcial de asfaltenos y la degradación casi total de saturados. De este estudio se puede concluir que los lodos residuales y la fertilización ejercieron una influencia muy significativa ($P<0,001$) sobre la eficiencia de la biorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos.

CONCLUSIONES

En todos los tratamientos hubo remoción de hidrocarburos, siendo el más eficiente el tratamiento con 70% de lodo y fertilizante donde la remoción fue de un 63%. Así mismo, se produjo la transformación parcial de las resinas en aromáticos, y se pudo determinar la remoción de hidrocarburos aromáticos. Los lodos residuales estabilizados utilizados como esponjante, hicieron más eficiente el proceso de biorremediación de hidrocarburos en suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society of Agronomy (ASA). (1986) **Physical and mineralogical properties including statistics of measurement camping**.

APHA-AWWA-WEF. (1998) **Standard Methods for examinations of water and wastewater**. **20th edition.**

Chirinos I. y Pereira N. (1999) Parcelas de lodo: Una alternativa de uso y manejo de lodos petroquímicos provenientes de sistemas de tratamiento de efluentes; *Rev. Fac. Agron*. (LUZ), vol. **16**, 1, 206-212.

Eweis J., Ergas S., Chang D. y Schroeder E. (1999) *Principios de Biorrecuperación*. Mac Graw Hill. España.

Lugo, G y Mesa Y. (2001) *Biorremediacion de Suelos Contaminados con Hidrocarburos utilizando Lodos Residuales Domésticos Tratados*. Trabajo Especial de Grado. LUZ. Venezuela.

Muñoz, F. (1997) http://www.usach.cl/ima/bio1.htm.

Romero, J. (2000) ***Tratamiento de aguas Residuales. Teoría de Principios de Diseño.*** **Escuela Colombiana de Ingeniería**. Colombia.