31 RAPAL
REUNIÓN DE ADMINISTRADORES
DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
ARGENTINA - OCTUBRE 2020

Tipo de Documento:	(DI)
Presentado por:	(Argentina)
Tipo de Sesión:	(CACAT)
Punto de Agenda:	(12.b)

Avances en biorremediación on-site de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo en Base Carlini

Avances en biorremediación on-site de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo en Base Carlini

La Argentina desarrolla hace más de 20 años métodos biológicos para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos en Antártida. Durante el período comprendido entre 2016 y 2019 se focalizaron los esfuerzos en incrementar la cantidad de suelo a tratar, proceso conocido como cambio de escala o escalado. Para ello se aplicaron los resultados y criterios obtenidos de la ejecución y análisis de estudios previos de optimización de los procesos de biorremediación de suelos afectados por hidrocarburos derivados del petróleo (principalmente Gas Oil Antártico) en áreas cercanas a bases antárticas argentinas. Los resultados reportados previamente demostraron que el efecto de la relación Carbono:Nitrógeno:Fósforo (C:N:P) con la que se bioestimula a la comunidad microbiana autóctona de los suelos contaminados es clave en la eficiencia final de remoción biológica del contaminante [1]. Dichos resultados, obtenidos a escala laboratorio, establecieron que la relación óptima de estos nutrientes para la biodegradación por parte de la comunidad microbiana en estos suelos era de 100:17,6:1,73, una relación considerablemente diferente de la reportada por bibliografía previamente (100:10:1). A partir de estos resultados, el proceso fue escalado para su aplicación a campo en condiciones operativas reales en la Base antártica argentina Carlini, involucrando cantidades mayores de suelo. El cambio de escala de ensayos desarrollados preliminarmente en el ámbito del laboratorio requiere tener en cuenta factores que son únicos del lugar de aplicación. Las estrictas y controladas condiciones determinadas para el ensayo en escalas pequeñas (microcosmos por ejemplo) muchas veces no son controlables cuando se busca aplicar esos resultados a una escala mayor y a campo. Además, las cantidades de suelo a tratar, así como la concentración de hidrocarburos (nivel de contaminación) que presenten, son frecuentemente desconocidos a priori, y no manejables en la práctica. Es por ello que se eligió como sistema experimental para el tratamiento de los suelos el diseño conocido como “biopilas”, uno de los métodos recomendados por la USEPA [2]. Las biopilas permiten el tratamiento “on-site” de la matriz contaminada, una buena relación superficie/volumen y un efecto protector considerable frente a las inclementes condiciones climáticas del continente antártico. Consisten en montículos de suelo dispuestos como pirámides truncadas contenidas en membranas aislantes de polietileno de alta densidad de 800 µm.

Se establecieron dos biopilas conteniendo aproximadamente 500 kg de suelo contaminado: Una biopila control (CC, sin tratamientos) y una biopila bioestimulada mediante adición de nutrientes en la relación C:N:P previamente optimizada (BS). Los resultados demostraron que la optimización realizada en el laboratorio, en conjunto con la selección de un diseño experimental adecuado, permitieron la remoción del 75.8% de los hidrocarburos en la biopila BS, en solamente 40 días de tratamiento durante la Campaña Antártica de Verano Argentina 2013/2014 en Base Carlini [3]. En contraste, la biopila CC solo mostró una remoción de hidrocarburos del 49,5%, evidenciando que la mayor degradación presentada en la biopila bioestimulada esta sustentada en una mayor actividad biológica de la comunidad microbiana de dicho sistema, debida a la estimulación con N y P. Estos hechos se vieron confirmados por la obtención de mayores recuentos bacterianos totales, y de bacterias degradadoras obtenidas en el sistema BS, así como por una mayor actividad enzimática total. De estos resultados se puede concluir que el proceso optimizado en laboratorio mostró un desempeño muy adecuado cuando se lo aplicó a campo en biopilas conteniendo 500 kg de suelo contaminado.

Debido al éxito reportado por la estrategia de tratamiento seleccionada, el mismo procedimiento se empleó para el tratamiento de suelos afectados por hidrocarburos en bases antárticas argentinas en los años sucesivos. Así, se volvieron a realizar tratamientos en biopilas para suelo contaminado en otras campañas antárticas de verano. Se propuso estudiar y analizar también como diversas variables podían incidir sobre la eficiencia final de remoción presentada por esta estrategia. Es por ello que se configuraron nuevamente dos biopilas conteniendo aproximadamente 500 kg de suelo cada una, con el mismo tratamiento que ya había probado su efectividad. Una de las principales diferencias entre este caso respecto al mencionado más arriba fue la concentración del contaminante, que como fuera mencionado previamente, es una variable que no puede ser controlada cuando se trata suelos afectados reales, donde dicha concentración queda determinada para la cantidad de contaminante derramado, la fracción retenida en la matriz suelo y el volumen de esta matriz involucrada. La concentración de hidrocarburos en este caso fue aproximadamente 3 veces superior a la de las biopilas realizadas durante el año anterior. Esto motivó la realización de un ensayo paralelo, a una escala menor (microcosmos, 10 kg de suelo en cada uno) para estudiar el rango de concentraciones iniciales de hidrocarburos para el cual la relación C:N:P optimizada era eficiente. Este ensayo complementario involucró el estudio de suelos con 4 niveles diferentes de hidrocarburos totales (2.500, 5.000, 7.500 y 10.000 partes por millón). Además, se monitorearon numerosas variables ambientales, de manera de analizar el efecto que el clima podía tener sobre el proceso. Los resultados obtenidos, que fueron publicados este año [4], demostraron que si bien el proceso desarrollado es reproducible y robusto; cambios en las condiciones ambientales tales como las horas de sol totales y la consecuente temperatura del suelo dentro de la biopila; así como la concentración inicial del contaminante afectan la eficiencia del proceso a través del efecto que generan sobre las comunidades microbianas del suelo.

En años sucesivos, se continuaron evaluando técnicas y estrategias alternativas para incrementar aun mas la eficiencia final del proceso. Adicionalmente, se continuó evaluando el efecto de diversas variables sobre la eficiencia de las biopilas (como por ejemplo la incidencia que la altura de la biopila podría tener sobre la transferencia del calor solar y la estabilidad térmica). Se analizó la utilización de cepas microbianas autóctonas con conocidas capacidades biotecnológicas favorables para la biodegradación de compuestos orgánicos poco polares, como la producción de surfactantes (*Pseudomonas* sp.) o una amplia diversidad metabólica para la degradación de todo tipo de hidrocarburo (*Penicillium* sp.). También se profundizó en la comprensión de las dinámicas poblacionales que ocurren en las comunidades bacterianas de las biopilas a lo largo del tratamiento, comparando los géneros bacterianos que dominan la comunidad en cada etapa, y en cada sistema mediante la secuenciación masiva del ADN bacteriano presente en el suelo. Este conocimiento permitiría desarrollar herramientas biotecnológicas específicas focalizadas en la degradación de compuestos que puedan resultar recalcitrantes durante una primera etapa de biorremediación.

El conocimiento, información y métodos desarrollados han permitido el establecimiento de un procedimiento biológico estandarizado para el tratamiento de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos en bases antártica argentinas. Bajo estos procedimientos, durante la última campaña antártica argentina de verano se pudo iniciar la recuperación de 14,000kg de suelo contaminado mediante su biorremediación en biopilas (Figura 1).

Referencias

[1] Martínez Álvarez LM, Lo Balbo A, Mac Cormack WP, Ruberto LAM (2015) Bioremediation of a petroleum hydrocarbon-contaminated Antarctic soil: Optimization of a biostimulation strategy using response-surface methodology (RSM). *Cold Regions Science and Technology* 119:61-67. http://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2015.07.005

[2] EPA (1994) Chapter IV Biopiles. EPA Methods IV-10. Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.

[3] Martínez Álvarez LM, Ruberto LAM, Lo Balbo A, Mac Cormack WP (2017) Bioremediation of hydrocarbon-contaminated soils in cold regions: Development of a pre-optimized biostimulation biopile-scale field assay in Antarctica. *Science of the Total Environment, 590-591:*194-203

[4] Martínez Álvarez LM, Ruberto LAM, Gurevich JM, Mac Cormack WP (2020) Environmental factors affecting reproducibility of bioremediation field assays in Antarctica. *Cold Regions Science and Technology*, 169, 102915

Figura 1. Armado de biopilas en Base Carlini para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.