

BIORREMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADO CON HIDROCARBUROS EMPLEANDO MATERIALES ORGÁNICOS LOCALES Y LOMBRICES DE TIERRA

Nobili, Sofía¹

¹*Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química INTEC – CONICET*

Directora: Lescano, Maia Raquel

Codirectora: Masin, Carolina Elisabet

Área: Ciencias Naturales

Palabras claves: Biorremediación, hidrocarburos de petróleo, lombrices de tierra

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es uno de los grandes desafíos de la humanidad y de los ecosistemas en el siglo XXI. Las actividades relacionadas a la extracción de hidrocarburos de petróleo y la producción de derivados como el diésel y la nafta, entre otros, desencadena numerosos problemas ambientales y catástrofes sociales a nivel mundial (Srivastava *et al.*, 2019; Ossai *et al.*, 2020). En Argentina, las zonas más referenciadas por contaminación de hidrocarburos en suelo son la Patagonia, Cuyo y Buenos Aires, debido en gran medida a operaciones relacionadas a la industria del petróleo y el gas (Acuña *et al.*, 2012; Molina *et al.*, 2019). En el caso de la provincia de Santa Fe, si bien no presenta actividades productivas de explotación de yacimientos de hidrocarburos, no está exenta de impactos de contaminación por derrames de estos compuestos (La Capital, 2015; Sin Mordaza, 2019). Estos impactos se reflejan en situaciones, cada vez más frecuentes, de fugas en los tanques de almacenamiento o durante el proceso de descarga de cisternas en áreas urbanas, zonas agropecuarias y parques industriales. La búsqueda de un enfoque ambientalmente sostenible ha llevado a una constante evolución de tecnologías de tratamiento de remediación y restauración, entre las cuales se destacan los métodos de tratamiento biológico, también conocidos conjuntamente como 'biorremediación'. Ellos muestran notable éxito para la remediación *in situ* y *ex situ* ya que se produce la degradación de diversos contaminantes orgánicos, entre ellos hidrocarburos de petróleo, transformándolos en sustancias más simples y menos tóxicas, sin efectos adversos a largo plazo en los entornos afectados (Lim *et al.*, 2016). Algunos métodos que cuentan con numerosos estudios de aplicación son el compostaje y la vermirremediación. Por un lado, el compostaje consiste en la degradación bioquímica microbiana, aeróbica y controlada de materiales orgánicos residuales y su conversión en un material orgánico estabilizado que puede usarse como sustrato acondicionador para la remediación del suelo contaminado con compuestos orgánicos (Cai *et al.*, 2017; Ren *et al.*, 2018). Según Prakash *et al.* (2015), el compostaje ayuda a degradar y convertir contaminantes en sustancias y compuestos inofensivos con un gran potencial de aplicación para el tratamiento de suelos contaminados. Por otro lado, la vermirremediación es una tecnología basada en el uso del ciclo de vida de lombrices de

Título del proyecto: DESARROLLO Y APLICACIÓN DE TÉCNICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS PARA MONITOREAR LA DEGRADACIÓN DE AGROQUÍMICOS EN CAMAS BIOLÓGICAS

Instrumento: PICT Joven

Año de convocatoria: 2018

Organismo financiador: FONCYT

Directora: Dra. Maia Lescano

tierra y su interacción con otros factores abióticos y bióticos para acumular y extraer, transformar o degradar contaminantes en el ambiente del suelo. Estas técnicas han demostrado una alta efectividad en la remoción de hidrocarburos de petróleo en el suelo, y su empleo conjunto exhibe tasas de degradación aún mayores que las detectadas para cada una por separado (Ceccanti *et al.*, 2006; Hickman & Reid, 2008). En la actualidad, los estudios reportados de vermirremediación en Argentina son incipientes y escasos (Mazzarino *et al.*, 2012), y no se hallan registros en lo que respecta a su aplicación en suelos contaminados con hidrocarburos. Además, existe la necesidad de encontrar un enfoque ecológico apropiado y adecuado para el tratamiento de hidrocarburos de petróleo, a través de la biorremediación en la provincia de Santa Fe.

OBJETIVO

Evaluar la eficiencia del proceso de biorremediación de un suelo contaminado con diésel empleando materiales orgánicos locales y lombrices de tierra con el propósito de recuperar la calidad biológica del suelo contaminado.

METODOLOGÍA

Durante la Etapa I de compostaje se preparó un sustrato empleando suelo, lombricompost y residuos orgánicos agrícolas (cáscara de arroz y rastrojos de trigo). Una fracción de 90 kg se contaminó con 720 g de diésel proveniente de un motor del sector de máquinas de la Planta Piloto del INTEC I (8 g de diésel/kg de sustrato). Por otro lado, se reservó una fracción de 10 kg de sustrato como muestra control (sin contaminación). Al inicio y al final, es decir, a los días 0 y 75 respectivamente, se realizaron determinaciones físicas, químicas y biológicas a fin de caracterizar los sustratos control y contaminado tales como pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), amonio (N-NH_4^+), nitrógeno orgánico (NO), hidrólisis de la fluoresceína diacetato (FDA) e Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP). En el sustrato contaminado también se cuantificaron los cationes presentes (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+}). Al finalizar la Etapa I, se realizó un test de huida para las especies de lombrices *Eisenia fetida* y *Amyntas morrisi*, para determinar la aptitud del sustrato. Por otro lado, durante la Etapa II, el sustrato contaminado se dispuso en 4 tratamientos con 3 réplicas cada uno, de manera de evaluar el desempeño de cada especie (*E. fetida* y *A. morrisi*) por separado y en combinación T1 y T2 y T3, respectivamente, para comparar con un tratamiento sin adición de lombrices (control, T0). Durante los días 15, 30 y 45 se realizaron las siguientes determinaciones en cada tratamiento: pH, CE, MO, NO, FDA y HTP. En el día final (día 60) se determinaron, además de los parámetros citados anteriormente, la concentración de N-NH_4^+ y de cationes presentes (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+}). También se evaluaron parámetros biológicos de las lombrices como sobrevivencia, biomasa, reproducción y comportamiento. Posteriormente, se realizó un análisis de fitotoxicidad mediante bioensayos de germinación de semillas de *Lactuca sativa* con el propósito de determinar el índice de germinación (IG) de cada muestra. Los valores medios y las desviaciones estándar de los parámetros físicos, químicos y biológicos de cada etapa se sometieron al test de ANOVA con un nivel de confianza de 95%, mientras que las diferencias entre las medias estudiadas se compararon mediante el test *a posteriori* de Duncan. Los datos obtenidos de biomasa y reproducción de lombrices se sometieron a ANOVA con 95% de confianza, y luego se realizó una separación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los análisis estadísticos se realizaron en el software R versión 2.3.3.3.

RESULTADOS

La concentración final de HTP durante la Etapa I disminuyó 10,97%, mientras que en la Etapa II se redujo de manera significativa en todos los tratamientos ($p < 0,05$), con valores de eficiencia de remoción según el siguiente orden de mayor a menor: ↓ 60,81 % en T1, ↓ 46,74 % en T2, ↓ 45,2 % en T3 y ↓ 16,05 % en T0 (Figura 1). Los tratamientos con lombrices indicaron diferencias estadísticamente significativas en la degradación del contaminante respecto al control (sin lombrices) y se evidenció que las lombrices, en conjunto con la microbiota del sustrato, aceleran el proceso de remediación.

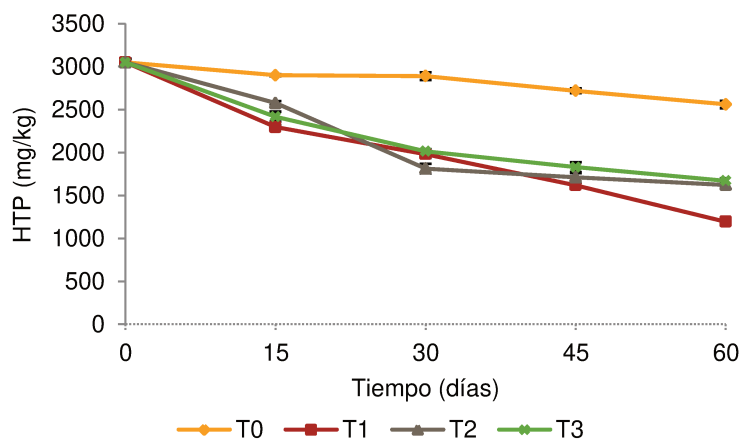


Figura 1. Valores medios de concentración de HTP para los tratamientos de vermirremediación. Las barras de error corresponden a las desviaciones estándar de cada tratamiento

En cuanto a la supervivencia de los organismos, la especie *E. fetida* fue más resistente que *A. morrissi*, aunque individuos de ambas especies mostraron alteraciones morfológicas y conductuales como efectos subletales a la exposición al diésel. Por otro lado, únicamente se encontraron ootecas y juveniles de *E. fetida*, aunque cabe destacar que las ootecas, al día final de la Etapa II, no eclosionaron. Respecto a los test de fitotoxicidad (Figura 2), los tratamientos con lombrices no indicaron toxicidad (>60%, línea roja) e incluso estaban por encima del valor para el cual se considera que un sustrato es maduro (80%) según Zuconni *et al.* (1985).

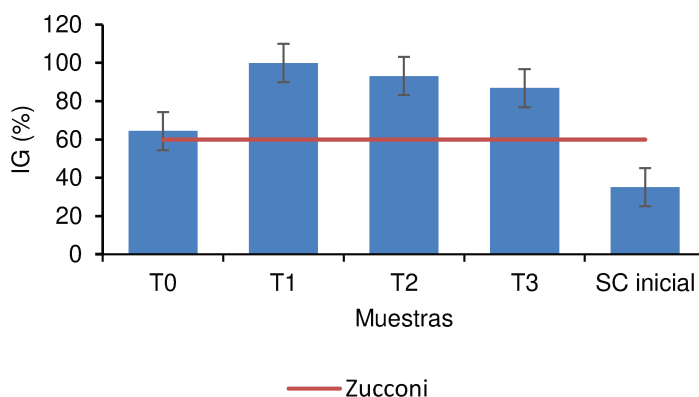


Figura 2. Valores del IG para los tratamientos de vermirremediación y el sustrato contaminado inicial

Este trabajo demuestra que el compostaje previo a la vermirremediación es necesario para lograr la adaptación posterior de las lombrices al sustrato contaminado, lográndose en este tiempo el mejoramiento de su calidad. Esto se evidenció a través de los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos obtenidos a los 75 días de la Etapa I y en el bajo porcentaje de evasión de ambas especies al sustrato contaminado durante el test de huida (<20%), de acuerdo a los valores consignados por Hund-Rinke *et al.* (2003).

Considerando que los sustratos de los tratamientos T1, T2 y T3, obtenidos de la Etapa II, presentaron valores relevantes de remoción de HTP y no presentaron fitotoxicidad, la aplicación de la vermirremediación resultó ser una tecnología eficiente en la modificación y

recuperación de la calidad del sustrato respecto al estado inicial (contaminado) en un corto período de tiempo. Esto se pone de manifiesto, además, con los parámetros físicos, químicos y biológicos obtenidos al final de la experiencia, es decir, al final de la Etapa II. Por otro lado, debido a la escasez de información disponible sobre los efectos ambientales de contaminación del suelo por diésel en lombrices de tierra, con este trabajo, se intenta generar nuevos aportes experimentales en vermirremediación de sustratos contaminados con diésel y sus efectos ecotoxicológicos en especies propias del lugar, en este caso para *A. morrisi*. También se evidenció claramente la necesidad de adicionar material orgánico para la subsistencia y eficacia de las lombrices de tierra utilizadas en suelos contaminados con hidrocarburos para ayudar a la descontaminación y/o mejorar la calidad de los sustratos para futuras aplicaciones productivas o de plantación de vegetales.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Acuña, A. J.; Tonín, N. L.; Díaz, V.; Pucci G. N.; Pucci, O. H.** 2012. Optimización de un sistema de biorremediación de hidrocarburos a escala de laboratorio. Ingeniería Investigación y Tecnología. Vol. XIII, 1: 105-112.
- Cai, D.; Yang, X.; Wang, S.; Chao, Y.; Morel, J. L.; Qiu, R.** 2017. Effects of dissolved organic matter derived from forest leaf litter on biodegradation of phenanthrene in aqueous phase. Journal of Hazardous Materials, 324: 516-525
- Ceccanti, B.; Masciandaro, G.; Garcia, C.; Macci, C.; Doni, S.** 2006. Soil bioremediation: combination of earthworms and compost for the ecological remediation of a hydrocarbon polluted soil. Water, air, and soil pollution, 177(1-4): 383-397.
- Hickman, Z. A.; Reid, B. J.** 2008. The co-application of earthworms (*Dendrobaena veneta*) and compost to increase hydrocarbon losses from diesel contaminated soils. Environment International, 34(7): 1016-1022.
- Hund-Rinke, K.; Achazi, R.; Römbke, J.; Warnecke, D.** 2003. Earthworm avoidance test: results of a laboratory comparison test. Journal of Soils and Sediments, 3: 7-12.
- La Capital.** 2015. Derrame de combustible en Fray Luis Beltrán puso en alerta a la región. (<https://www.lacapital.com.ar/derrame-combustible-fray-luis-beltran-puso-alerta-la-region-n487134.html>)
- Lim, M. W.; Lau, E. V.; Poh, P. E.** 2016. A comprehensive guide of remediation technologies for oil contaminated soil – present works and future directions. Marine Pollution Bulletin, 109: 14-45
- Mazzarino, M. J.; Satti, P.; Roselli, L.** 2012. Indicadores de estabilidad, madurez y calidad de compost. In: M. J., Mazzarino; P., Satti (eds). Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso. UNRN. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, pp 13-28.
- Molina, D.; Liporace, F.; Quevedo, C.** 2019. Development of bioremediation strategies based on the improvement of biomass production from isolated strains in hydrocarbon contaminated soils and their application in bioremediation technologies. Brazilian Journal of Development, 5 (7): 10708-10727
- Ossai, I. C.; Ahmed, A.; Hassan, A.; Hamid, F. S.** 2020. Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review. Environmental Technology & Innovation, 17: 1-42.
- Prakash, V.; Saxena, S.; Sharma, A.; Singh, S.; Singh, S. K.** 2015. Treatment of oil sludge contamination by composting. Journal of Bioremediation & Biodegradation, 6 (3): 1-284.
- Ren, X.; Zeng, G.; Tang, L.; Wang, J.; Wang, J.; Deng, Y.; Liu, Y.; Peng, B.** 2018. The potential impact on the biodegradation of organic pollutants from composting technology for soil remediation. Waste Management, 72: 138-149.
- Sin Mordaza.** 2019. Derrame de combustible en pleno centro sanlorencino. (<https://sinmordaza.com/noticia/34904-derrame-de-combustible-en-pleno-centro-sanlorencino.html>)
- Srivastava, M.; Srivastava, A.; Yadav, A.; Rawat, V.** 2019. Source and Control of Hydrocarbon Pollution. In Hydrocarbon Pollution and its Effect on the Environment. IntechOpen.
- Zucconi, F.; Monaco, A.; Forte, M.; Bertoldi, M. D.** 1985. Phytotoxins during the stabilization of organic matter. In: Composting of agricultural and other wastes, Gasser JKR (ed) Elsevier Applied Science Publishers, England, pp 73-86.