

25. Medio Ambiente

Estudio de Muestra de Suelo de Yacimiento Neuquino Contaminado con Hidrocarburos

Yésica Ojeda (yesimza@gmail.com)

Dir.: Ing. S.Videla (silvinavidela11@gmail.com); Dr. A.M.Furlani (amfurlani@uncu.edu.ar)

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Cuyo

Resumen

La contaminación de suelo por causa de derrames o disposición inadecuada de residuos que contienen hidrocarburos es una de las más difundidas a nivel mundial. El petróleo crudo es una mezcla de hidrocarburos que puede tratarse por medio de técnicas de biorremediación. Para llevar a cabo esta práctica es necesario que se tengan en cuenta factores nutricionales, forma, porosidad y composición del sustrato; ya que cualquier alteración condiciona el proceso. Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar el suelo, localizar focos de contaminación en la estructura base del suelo y tomar micrografías del mismo. Para lograr tal fin se emplearon tamices normalizados y numerados; dispuestos en orden decreciente para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,074 mm. Para los de tamaño inferior, se utilizó el método del hidrómetro basado en la ley de Stokes. Así se caracterizó el suelo como franco-arenosa. Para el análisis visual se utilizó una Lupa binocular (Stemi DV4, Zeiss) y se fotografió con una cámara Nikon, especialmente acoplada al equipo óptico de observación. Como resultado, se hallaron granos de partículas con estructuras en forma de bloques angulares y subangulares, con colores variados de marrones, amarillos rojizos e incoloras, partículas de color negro, supuestamente contaminadas con petróleo. Estas tenían aspecto mate en su mayoría y vítreo en el caso de las transparentes. Se propone a futuro analizar el suelo biorremediado y comparar micrografías con el suelo base.

Palabras clave: análisis granulométrico, biorremediación, hidrocarburos, gestión ambiental

Introducción

Frecuentemente las actividades del hombre dan origen a consecuencias ambientales especialmente observables en el suelo, por ser este el primer punto de contacto de una fuga accidental de sustancias líquidas o sólidas que pueden ser tóxicas. Dentro de estas actividades se destaca la contaminación producida por hidrocarburos derivados del petróleo, como rupturas de tanques de almacenamiento, fugas en las tuberías y accidentes de transporte (Margesin, Simmerbauer, & Schinner, 2000). Éstas ocasionan perturbaciones en los ecosistemas al afectar su estructura y bioprocesos. Se producen, además, efectos directos sobre la biota, ya que el petróleo contiene compuestos químicos tóxicos que producen daños a plantas, animales y humanos, pero, principalmente, sobre las poblaciones de microorganismos, lo que causa un efecto negativo en los procesos de atenuación natural desarrollados en los suelos contaminados con hidrocarburos.

Entre las medidas correctivas que se pueden aplicar para eliminar o reducir la concentración de hidrocarburos en el suelo, se encuentran técnicas como la extracción de hidrocarburos por vacío, el lavado del suelo contaminado con agua, la incineración y la recuperación electrocinética, entre otros. Si bien el empleo de varios de estos métodos ha

resultado positivo, se ven limitados debido al elevado costo económico en el que debe incurrirse para aplicarlos. A causa de esto, se comenzaron a utilizar técnicas de biorremediación con el fin de degradar, transformar o remover compuestos orgánicos tóxicos a productos metabólicos inocuos o menos tóxicos, utilizando microorganismos o plantas indígenas para eliminar, mediante biodegradación, una contaminación por orgánicos (Sepulveda, 2002)

Existe gran variedad de técnicas de biorremediación para tratar suelos contaminados con hidrocarburos, ya que estos son compuestos relativamente fáciles de degradar. El papel de los microorganismos en el ambiente es doble, suministran nutrientes para promover el ciclo de carbono, nitrógeno y azufre y contribuyen a la continua descomposición y mineralización de la materia orgánica en putrefacción.

Un factor importante a analizar, es la composición química y granulométrica del sustrato donde se quiere realizar la biorremediación.

El suelo es el resultado de una mezcla de materia orgánica, partículas minerales, aire y agua. Es el soporte material que tienen los organismos vivos terrestres y es de lenta formación. Una primera división es entre materia orgánica y mineral, donde

esta última proviene de la desintegración progresiva de rocas por diferentes agentes de erosión.

Hasta comienzos del siglo XX existía el paradigma que el suelo, al ser un recurso de fácil acceso en la mayoría de los casos, era un recurso ilimitado, pero desde la segunda mitad del siglo XX, esto comenzó a cambiar. El crecimiento poblacional exponencial, el monocultivo, el petróleo como fuente de energía, etc son algunas de las actividades que afectan en gran medida a este recurso y es por eso que surge la Gestión ambiental, los estudios impacto ambiental y otras formas de remediar el daño que se le ha hecho al ecosistema. Desde 1980 aproximadamente, se cuenta con marcos regulatorios para el uso de recursos renovables y la gestión ambiental, pero aún hay mucho por hacer. (Porf. Mst. Ing. LLamas, 2017)

Se debe saber diferenciar textura de suelo de estructura, ya que son 2 formas complementarias de caracterizar el suelo.

La caracterización por textura de suelo o granulometría se basa en la clasificación según el tamaño de las partículas de este y está determinada por el porcentaje en peso de materia mineral de cada fracción, obtenida por separación de las partículas

Las propiedades de las partículas gruesas y finas del suelo difieren considerablemente, pero no hay una división natural marcada de ninguna clase de tamaño de partícula. Sin embargo, para propósitos prácticos se han establecido algunos límites. Comúnmente, en los suelos se separan según la granulometría en arena, limo y arcilla y la proporción en el suelo de estos da distintas propiedades y estructura al suelo. El procedimiento que se utiliza para medir la composición granulométrica es el análisis granulométrico o mecánico. Los numerosos métodos de análisis están basados en el hecho de que la velocidad de caída de las partículas del suelo a través del agua aumenta con el diámetro de las mismas, o en una combinación de esta propiedad con el uso de tamices para separar las partículas gruesas. (Rucks, 2004)

La estructura del suelo se refiere al estado de agregación de las partículas individuales que lo componen y al arreglo de estas.

Desde el punto de vista mineralógico, existen ciertas relaciones generales entre las fracciones granulométricas y los minerales que las componen.

A medida que las partículas minerales disminuyen de tamaño, aumenta su superficie específica y, también, su

susceptibilidad a los procesos de alteración química. En consecuencia, las diferencias de estabilidad de los minerales serán un importante factor que determine el cambio en composición mineralógica con el tamaño de partícula. Estos cambios están particularmente marcados a medida que nos aproximamos al tamaño de la fracción arcilla.

La estructura granular o migajosa presenta a unidades esféricas o casi esféricas, con bordes y caras más o menos redondeados. Los contactos entre estas unidades se dan en pocos puntos y queda mucho espacio entre ellas. Si las unidades mayores son «desarmadas», puede observarse que están compuestas por unidades más pequeñas que poseen las mismas características. Se desprende de lo anterior, que las partículas secundarias tienen porosidad interna, esto no ocurre en los granos de arena. (Ruck, 2004)

El suelo puede funcionar como un reactor de estado sólido, por lo que es importante conocer el soporte durante la reacción y el lugar donde pueden adherirse las bacterias durante el proceso de biorremediación. Entonces resulta recomendable analizar la forma, porosidad y composición del sustrato, ya que condiciona al proceso.

En el trabajo *Uso de Surfactantes en la Biorremediación de Suelos Contaminados*

con Hidrocarburos (García, 2016), se estudió la influencia de adicionar una mezcla surfactante y el momento indicado de hacerlo. Mientras que en el trabajo *Ensayos de Microcosmos para Reducir Hidrocarburos en Suelos Contaminados con Petróleo* (Ojeda, 2017), se analizó la influencia de estimular a las bacterias proveyendo mayor cantidad de nutrientes y la combinación óptima de nutrientes, los cuales provenían de fertilizantes solubles en agua (DAP y Urea). En este último, además, se obtuvieron resultados aceptables logrando en promedio 65 % de reducción de TPH respecto al blanco de control.

Objetivos

- Conocer en mayor profundidad el estado base del suelo sin ser tratado, desde la composición y características granulares del suelo antes de ser biorremediado
- Localizar focos de contaminación en la estructura base del suelo.
- Tomar micrografías de la estructura del suelo antes de pasar por una biorremediación

Materiales y Métodos

Suelo

El suelo investigado es parte de un yacimiento petrolero de Neuquén. Se extrajeron 80 Kg de suelo contaminado de

una zona de acopio de los mismos. Luego del muestreo, el suelo fue secado a temperatura ambiente (20° C), tamizado con malla de 2 mm (tamiz #10) y almacenado en un recipiente plástico. Se caracteriza por tener 22700 $mg * kg^{-1}$ de TPH, 9,8% humedad, materia orgánica 8,8%, pH igual a 7, 1065 $mg * kg^{-1}$ N total, 88,8 $mg * kg^{-1}$ N inorgánico, conductividad 3,6 $mS * cm^{-1}$, humedad en estufa 8,09%, fósforo 0,1 $mg * kg^{-1}$ y textura franco-arenosa (Crosara).

El contenido de hidrocarburos parafínicos totales (TPH) se midió por la técnica EPA 418.1 Modificado Solvente. Como son tantos los compuestos que forman el petróleo, para una primera valoración generalmente no es práctico medir cada uno individualmente, y lo que se hace es obtener el valor de la cantidad total de hidrocarburos que se encuentran en una muestra particular de suelo. La valoración del TPH es un ensayo sencillo, económico y detecta principalmente los compuestos no volátiles que son las estructuras sobre las que actuará la biorremediación

El nitrógeno total se evaluó siguiendo las técnicas ISO11261:1995 Ed.1. El nitrógeno inorgánico se determinó utilizando el Manual de Técnicas de Análisis de Suelos Aplicadas a la Remediación de Sitios Contaminados (Fernandez Linares & Rojas Avelizapa, 2006).

Se busca esta caracterización, ya que el suelo puede funcionar como un reactor de estado sólido, por lo que es importante conocer el soporte y su variación al aplicarle procesos de remediación

Análisis visual

Para este ensayo se prepararon las distintas muestras mediante el tamizado de la muestra original, cuyos retenidos de las distintas mallas utilizadas fueron examinados con Lupa binocular Stemi DV4, Zeiss, perteneciente al Laboratorio de Metales del ITIEM, con el sistema de zoom patentada de la DV4 Stemi (doble lente Vario, el factor de zoom 4) que garantizan imágenes brillantes de alta resolución, tanto en la visión panorámica (8x) como en el detalle (32x).

En este proyecto se la empleó para examinar las distintas muestras de suelo con luz reflejada y aumentos no superiores a 32x. Las muestras analizadas son partículas retenidas en los tamices número #10, #20, #40, #60, #80, #100 y #200, según norma ASTM D422 y D2487, obtenidas durante el análisis granulométrico por tamizado (curva granulométrica) en el Laboratorio de Mecánica de Suelos. Se trata de franco-arenosa, la cual confirma el análisis textural manual realizado por miembros del proyecto.

Se debe aclarar que, para este apartado, se ha considerado trabajar solo con los tamices #10, #20, #40 y #60, ya que son los que mayor contenido, por lo tanto, asumimos que son los más representativos de la muestra. Además, dada la resolución máxima de la lupa, y la espátula utilizada para colocar las muestras sobre el portaobjeto, se hace inviable analizar menor tamaño de partícula.

Análisis granulométrico

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o USCS.

Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,074 mm. se utilizó el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración indicada anteriormente. Para suelos de tamaño inferior, se utilizó el método del hidrómetro, basado en la ley de Stokes. Todas las clasificaciones por tamaño, tienen en común el límite de 0.002 mm para la fracción arcilla y difieren fundamentalmente en la subdivisión de la fracción arena.

Resultados y Discusión

Observación visual de los retenidos de diferentes tamices

A continuación, se muestran fotografías de las muestras de suelo “SurfaBlanco” con un aumento de 25X en la Lupa utilizada.

En la figura 1 se observan granos de partículas retenidas en el tamiz #10 perteneciendo a estructuras de suelo en forma de bloques angulares y subangulares. El tamaño de dichos granos es mayor a 2mm. Presentan colores variados de marrones, amarillos rojizos e incoloras. También, se observan de color negro, supuestamente contaminadas con petróleo. Según su brillo tienen aspecto mate en su mayoría.



Figura1: fotografía retenido en tamiz #10

En las figuras 2-a, 2-b y 2-c se observan granos de partículas retenidas en el tamiz # 20 perteneciendo a estructuras de suelo en forma de bloques angulares y subangulares. El tamaño de dichos granos es mayor a 0.8mm. Presentan colores variados de marrones, amarillos, rojizos e incoloras o transparentes. También se observan de color negro, supuestamente contaminadas con petróleo. Según su brillo tienen aspecto mate y vítreo en el caso de las transparentes.



Figura2-a: fotografía retenido en tamiz #20



Figura2-b: fotografía retenido en tamiz #20



Figura2-c: fotografía retenido en tamiz #20

En las figuras 3-a y 3-b se observan granos de partículas retenidas en el tamiz #40 perteneciendo a estructuras de suelo en forma de bloques angulares y subangulares. El tamaño de dichos granos es mayor a 0.417mm. Presentan colores variados de marrones, amarillos e incoloras o transparentes. También se observan de color negro, supuestamente contaminadas con petróleo. Según su brillo tienen aspecto mate y vítreo en el caso de las transparentes.



Figura3-a: fotografía retenido en tamiz #40



Figura3-b: fotografía retenido en tamiz #40

En la figura 4 se observan granos de partículas retenidas en el tamiz #60 perteneciendo a estructuras de suelo en forma de bloques angulares y subangulares. El tamaño de dichos granos es mayor a 0.25mm. Presentan colores variados de marrones, amarillos, amarillos rojizos, rojizos e incoloras o transparentes. También, se observan de color negro, supuestamente contaminadas con petróleo. Según su brillo tienen aspecto mate y vítreo en el caso de las transparentes.



Figura4: fotografía retenido en tamiz #60

Las partículas de los retenidos de los otros tamices corresponden a estructuras de suelo más granulares y de menor tamaño que en el caso de las muestras anteriores, con una apariencia similar a una arena más fina.

Conclusiones

Se logró caracterizar el suelo tanto en forma textural como estructural previo a recibir tratamiento de remediación.

Se lograron identificar estructuras negras, presumibles con rocas bañadas con hidrocarburo y otras con sólo manchas negras.

Se confirmó por medio del análisis granulométrico que el suelo es franco arenoso, como lo predicho por miembros del proyecto al analizarlo manualmente en una inspección manual

En una segunda etapa se propondrá observar los cambios en texturales y estructurales al aplicar técnicas de remediación.

Bibliografía

(U.S.D.A), U. S. (1951). *Soil Survey Handbook*.

Crosara, A. (s.f.). *Tp 3:determinacion del suelo*. Republica de Uruguay: FCIEN.

Fernández Linares, C.; Rojas Avelizapa, N.; Et al., 2006. Manual de Técnicas de Análisis de Suelos Aplicadas a la Remediación de Sitios Contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo. Secretaria de Medio Ambiente y recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.

García, S. (octubre de 2016). XXIV Jornadas Jovenes Investigadores- AUGM. *Uso de Surfactantes en la Biorremediación de Suelos*

Contaminados con Hidrocarburos. San Pablo, Brasil.

Mgter. Ing. Clausen, M. R. (2016). *Gestión del recurso suelo*. Mendoza: FING-UNCUYO

Margesin, R., Simmerbauer, A., & Schinner, F. (2000). Monitoring of bioremediation by soil biological activities. *Chemosphere* 40, 339-346.

Ojeda, Y. (Octubre de 2017). XXV Jornadas de Jovenes Investigadores AUGM. *Ensayos de Microcosmos para Reducir Hidrocarburos en Suelos Contaminados con Petróleo*. ITAPUA, Paraguay.

Porf. Mst. Ing. LLamas, S. (2017). Introducción a la Gestión Ambiental. *Unidad 1- Gestión Ambiental*. Mendoza, Mendoza, Argentina: CEIRS-FING-UNCUYO.

Rucks, I. A. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Uruguay: Universidad de la Republica.

Sepulveda, T. (2002). Biorremediación de Suelos Contaminados. *BioTecnología -vol.7-Nº 1*.