

RESUMEN

El siguiente trabajo consiste en la Caracterización Geoeléctrica de un sitio urbano, ubicado en el Valle de México, contaminado como consecuencia del escurrimiento subterráneo de hidrocarburos.

En la caracterización del sitio, se utilizó el Método de Perfilaje Electromagnético (PEM), demostrando ser altamente productivo para la delimitación en superficie de las plumas contaminantes. Otro método utilizado fue el Método de Sondeo Eléctrico Vertical en la variante de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) para la localización en superficie y en profundidad la zona del subsuelo contaminado. La aplicación de TRE sobre tres perfiles paralelos permitió definir los estratos contaminados y sus espesores. La frontera geoeléctrica para separar las zonas limpias de las contaminadas estuvo sustentada por un proceso de Modelación Petrofísica, a partir de mediciones de resistividad en muestras de suelo y agua del sitio.

Los resultados alcanzados de la aplicación de los métodos geoeléctricos mostraron su alta eficiencia en la delimitación de plumas de contaminación “madura”, mediante anomalías de baja resistividad. Sin embargo, la existencia de contaminación reciente o “fresca”, y su manifestación como anomalía ligeramente resistiva, hace difícil su identificación con métodos geoeléctricos, más aún en sitios urbanizados donde es frecuente la presencia de anomalías resistivas dadas por rellenos artificiales que enmascaran las plumas de contaminación. Debido a esto, y como complemento a la caracterización geoeléctrica, se realizaron estudios de vapores de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) para definir la presencia de contaminantes recientes.

Posteriormente, se realiza un análisis conjunto de los resultados de la caracterización geoeléctrica y del método COV's, creándose un parámetro integral con el que es posible obtener la configuración total de la contaminación en el sitio.

La configuración de la contaminación en el sitio, así como la distribución de la contaminación fresca y madura, proponen la existencia de una fuente de contaminación activa, siendo ésta un tanque de almacenamiento subterráneo (TAS) de gasolina ubicado en el extremo suroeste del sitio. Los resultados obtenidos de la aplicación del método PEM, TRE y COV's, así como del parámetro integral (interpretación conjunta), fueron corroborados mediante los análisis geoquímicos realizados en muestras de suelo y de hidrocarburo en fase libre extraído de los pozos exploratorios, mostrando buena correspondencia.

INTRODUCCIÓN.

El suelo y subsuelo constituyen un recurso natural difícilmente renovable que desempeña funciones entre las que destaca su papel como medio filtrante durante la recarga del manto acuífero, además de ser el espacio donde se realizan las actividades agrícolas, ganaderas y soporte de la vegetación. Por otro lado, el desarrollo de la industria petrolera en México trae consigo un gran impacto ambiental en sus áreas de explotación, distribución y refinamiento de los productos petroleros. Debido a esto, en los últimos años se ha prestado particular interés al estudio del impacto ambiental provocado por la industria petrolera con el fin de establecer métodos y metodología para la localización de la contaminación y control de los procesos de remediación del subsuelo.

La determinación de la presencia y concentración de los hidrocarburos contaminantes en el medio geológico se realiza generalmente con perforaciones y análisis químico de muestras extraídas del subsuelo. Sin embargo la desventaja principal de esta tecnología es el costo de su aplicación.

La norma NOM-138-2003-SEMARNAT (SEMARNAT, Diario oficial sección 1, 2005) nos dice que se deberán tomar dos muestras de suelo superficial (intervalo de profundidad 0.00 a 0.15 m) por cada 100 m² de área afectada, y sus resultados son muy puntuales, lo que implica la necesidad de numerosas perforaciones para caracterizar adecuadamente un sitio contaminado.

Los métodos geofísicos, aunque indirectos, son integrales (pueden caracterizar un volumen del subsuelo) más rápidos y menos costosos. La integración de los métodos geofísicos con perforación y análisis químico permite disminuir el costo y el tiempo de un diagnóstico, así como aumentar la calidad de los resultados.

Varias investigaciones han demostrado la eficiencia de los métodos geoelectrónicos para la localización en superficie y en profundidad de la zona contaminada del subsuelo (Abdel -Aal et al., 2001, Sauck, 1998). Específicamente, una variante del método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) llamada Tomografía de Resistividad Eléctrica, ha mostrado ser efectiva (Shevnin et al., 2002, 2003, 2004, 2005, 2006).

La contaminación por hidrocarburos se manifiesta como una zona de baja resistividad después de 1 a 4 meses de haber ocurrido el derrame en dependencia de las características geológicas y edafológicas del medio objeto de estudio (Sauck, 1998; 2000). Varias publicaciones exponen

la correlación existente entre la contaminación del medio por hidrocarburos y la existencia de una anomalía conductora (Sauck y McNeil, 1994; Modin et al., 1997). Los procesos de formación de las zonas de baja resistividad eléctrica fueron descritos vinculándola a reacciones químicas y variaciones en las características físicas del medio contaminado (Sauck, 1998; 2000). De acuerdo a Sauck, la anomalía conductora se debe a un aumento en el nivel de Sólidos Totales Disueltos (STD) dado por el ambiente ácido creado por la acción bacteriana en la parte inferior de la zona vadosa.

Atekwana et al. (2001, 2003) publicaron resultados de sus investigaciones sobre el proceso de biodegradación en un tanque reactor (laboratorio) y en campo, encontrando que no existe una correlación directa entre los cambios de resistividad del suelo y del agua, tal como fue planteado por Sauck. Abdel Aal et al. (2004) presentó información importante recibida de la aplicación del método de Polarización Inducida Espectral (PIE) en laboratorio. Ellos encontraron que durante el proceso de biodegradación de los hidrocarburos contaminantes en el suelo, la conductividad superficial aumenta más que la conductividad electrolítica, siendo el aumento de la conductividad superficial el factor principal que determina el aumento de conductividad del suelo contaminado.

A partir de lo anterior, los métodos geoelectricos se presentan como una opción viable para configurar las plumas de contaminación por hidrocarburos en el subsuelo mediante anomalías de baja resistividad, siempre y cuando los contaminantes estén afectados por procesos de biodegradación.

En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación del método SEV, Perfilaje Electromagnético (PEM), Medición de Resistividad de muestras de Agua (MRA) y Medición de Resistividad de muestras de Suelo (MRS) para el estudio de la contaminación del subsuelo provocada por un derrame de gasolina en un sitio urbano ubicado en el Valle de México. En la primera parte, se describen las propiedades eléctricas de las rocas las cuales son de gran importancia para la aplicación de los métodos geoelectricos empleados en el estudio del sitio contaminado. Posteriormente se describen cada una de las metodologías así como las técnicas de campo utilizadas en el análisis del sitio. Una vez descritas dichas metodologías y sus técnicas de campo, se describen los resultados obtenidos por la aplicación de dichas metodologías al sitio en cuestión. Los resultados geofísicos son complementados con mediciones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), correlacionando ambos resultados y

creando un parámetro integral que nos permite asociar las anomalías obtenidas con cada uno de los métodos y delimitar con mayor exactitud la pluma contaminante en el sitio. Finalmente, se presentan estudios geoquímicos realizados en muestras de suelo y de hidrocarburos colectados en el sitio, con el objetivo de verificar y cuantificar las anomalías determinadas por los métodos geoelectrónicos y COV's.