

# Estudio de la Contaminación en Vertederos Antiguos Construidos en Arcillas

/ MERCEDES REGADÍO (1), JAIME CUEVAS (1,\*), MARÍA JESÚS GISMERA (2), SANTIAGO LEGUEY (1), JESÚS R. PROCOPIO (2), MANUEL RODRÍGUEZ (1), ANA ISABEL RUIZ (1), NICANOR SÁNCHEZ (2), MARÍA TERESA SEVILLA (2), PILAR DA SILVA (2), ISABEL DE SOTO (1)

(1) Dpto. Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco. 28049, Madrid (España)

(2) Química Analítica y Análisis Instrumental. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco. 28049, Madrid (España)

## INTRODUCCIÓN.

En vertederos antiguos, carentes de sistemas de impermeabilización específicos, la ubicación sobre materiales arcillosos ha constituido el elemento básico para prevenir la migración de los lixiviados hacia el subsuelo (Rowe et al., 1995). Desde la puesta en servicio de la instalación, hay un contacto directo entre los residuos y el material arcilloso en la base, el cual es susceptible de sufrir transformaciones, tanto desde el punto de vista físico-químico como mineralógico, asociadas a la contaminación generada por lixiviados procedentes de la evolución de los residuos. Estos residuos son asimilables en general a urbanos, aunque no se pueden descartar aportes puntuales de tipo industrial.

Disponiendo de muestras de tres sondeos de un antiguo vertedero de residuos sólidos urbanos en Cataluña, se ha llevado a cabo una caracterización química y mineralógica del material arcilloso de sellado, a partir de la cual, se ha realizado una valoración preliminar del grado de penetración de contaminantes en dicho material.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

Los materiales de barrera analizados fueron obtenidos mediante sondeo rotacional con extracción de testigo continuo, en tres localizaciones del vertedero, actualmente selladas. Se observaron espesores variables de residuos, de 10.8, 14.0, y 16.5 metros, en cuyos niveles inferiores se presentaron lixiviados, que en el caso del vertedero en estudio, responden, básicamente, a una disolución concentrada de NaCl a pH próximo a 8. Esta composición es coherente con la observada en lixiviados maduros de vertederos de residuos urbanos (Owen y

Manning, 1997). Por debajo de las cotas citadas, dentro del material arcilloso, fueron obtenidos testigos de espesor variable (2.3, 2.6 y 4.2 metros), a partir de los cuales fueron seleccionadas las muestras objeto de análisis. Los materiales más próximos al contacto con el lixiviado se muestrearon de acuerdo con secciones cilíndricas en continuo de 2.5 y 5 cm de espesor, pasando, a mayor profundidad, a secciones discontinuas de 10 cm de espesor. Para evitar posibles alteraciones del material, las muestras se conservaron en frío. Posteriormente, dichas secciones fueron disgregadas, secadas y homogeneizadas mediante cuarteo.

La caracterización de las muestras obtenidas, en un total de treinta, se llevó a cabo, paralelamente, sobre muestras sólidas y sobre sus extractos acuosos. La caracterización mineralógica se realizó mediante análisis semicuantitativo por difracción de rayos-X (DRX) de polvo desorientado, estimándose la cantidad de filosilicatos presentes, así como de feldespatos sódico y potásico y carbonatos. La caracterización básica de las muestras comprendió ensayos de humedad, pH, potencial redox y conductividad eléctrica, llevados a cabo según los Métodos Oficiales de Análisis de Suelos (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1994). En cuanto a la caracterización química se llevó a cabo la cuantificación del carbono orgánico e inorgánico total (COT y CIT), así como la cuantificación de metales pesados mediante absorción atómica, por atomizador de llama, en el caso de Zn y por atomizador de horno de grafito en el caso de Cd y Pb. La caracterización fisicoquímica de las muestras incluyó la determinación de la superficie específica, mediante isoterma de absorción de N<sub>2</sub>, según el modelo BET. Igualmente se determinó la capacidad de intercambio catiónico, por saturación

con acetato sódico a pH 8.2, determinándose el Na<sup>+</sup> por fotometría de llama. Los cationes de cambio fueron extraídos con acetato amónico, en el caso de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>, y mediante acetato sódico, en el caso del NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> fueron determinados por fotometría de llama, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> mediante absorción atómica, y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mediante electrodo selectivo. Sobre el extracto acuoso, en relación suelo:agua de 1:10, se determinaron pH, aniones (Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, F<sup>-</sup>) mediante cromatografía iónica, y cationes (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) por los métodos ya citados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Desde el punto de vista mineralógico, las muestras estudiadas presentan una notable heterogeneidad, tanto entre las muestras de los tres sondeos, como dentro de un mismo sondeo a distintas profundidades. Filosilicatos, cuarzo y calcita son los minerales mayoritarios y aparecen en proporciones muy variables. La proporción de filosilicatos (illita, con proporciones decrecientes de esmectita, caolinita y clorita) muestran, con carácter general, una tendencia a incrementar su porcentaje con la profundidad de la muestra. Los feldespatos (microclina y plagioclasa) se encuentran como minerales accesorios junto con la dolomita.

Los valores de humedad observados se sitúan en torno al 20% y podemos considerar la arcilla saturada. La totalidad de las muestras analizadas presentan pHs básicos (entre 8.4 y 9.7), apreciándose una tendencia a aumentar el pH con la profundidad. Las medidas de potencial redox de las muestras, indican condiciones favorables para la reducción de nitratos, y en algunos casos, para la reducción de Fe<sup>3+</sup>, no existiendo una relación apreciable con la profundidad u otros parámetros. La

**palabras clave:** arcilla, vertedero, contaminación

**key words:** clay, landfill, pollution

conductividad eléctrica presenta una tendencia decreciente con la profundidad, que se manifiesta especialmente en los tramos inferiores de los testigos. Los valores de carbono orgánico total se presentan relacionados con los de conductividad, siendo máximos en las muestras de los tramos superiores de los testigos y quedando fuera del límite de detección en las muestras más profundas (Fig. 1.).

Los valores obtenidos de metales pesados no se consideran significativos para hablar de una posible contaminación de origen industrial. En el caso del Zn y el Pb muestran cierta tendencia a disminuir con la profundidad, mientras que el Cd presenta una distribución irregular. La superficie específica disminuye con el contenido en cuarzo y aumenta con el contenido en filossilicatos (Fig. 1.). Asimismo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) presenta valores entre 5 y 26  $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ , apreciándose una relación con el contenido en filossilicatos y carbono orgánico en las muestras. Entre los aniones, medidos en extracto acuoso, predomina el  $\text{Cl}^-$  (Fig. 2.) alcanzando los máximos valores los correspondientes a las muestras más próximas al lixiviado disminuyendo dichos valores con la profundidad. La misma tendencia se presenta con los aniones  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$  y  $\text{NO}_3^-$ . Los cationes  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , alcanzan en general, valores máximos en la zona próxima a los residuos, tanto en extracto acuoso, como en el complejo de cambio (Fig. 2.). La distribución en profundidad, en el caso de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , es más irregular.

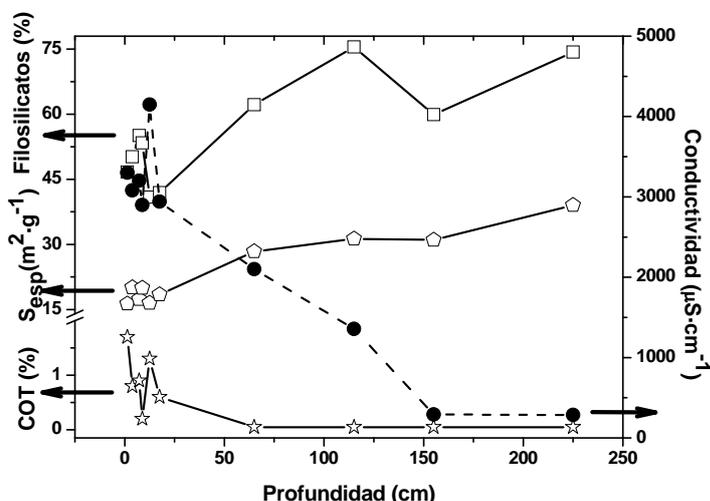


Fig 1. Representación de la conductividad eléctrica, COT, superficie específica, y porcentaje de filossilicatos frente a la profundidad.

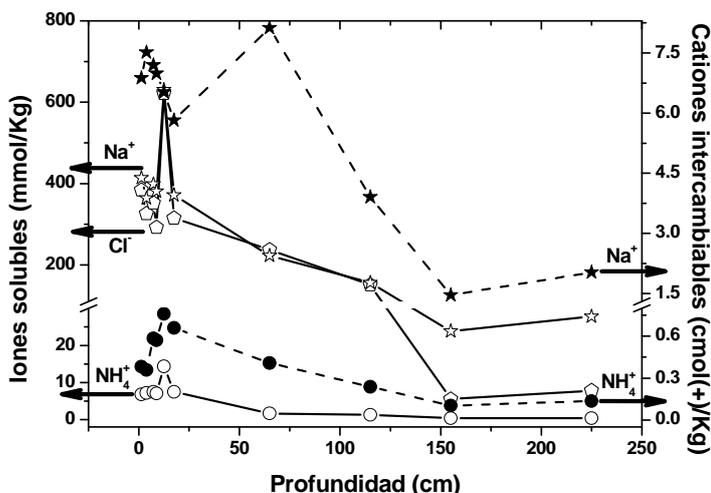


Fig 2. Variación de la concentración de iones solubles ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{Cl}^-$ ) e intercambiables ( $\text{Na}^+$  y  $\text{NH}_4^+$ ) con la profundidad.

## CONCLUSIONES.

La heterogeneidad que, desde el punto de vista mineralógico, muestran los materiales de sellado analizados, constituye un factor relevante en la valoración de la penetración de contaminantes dentro de dichos materiales. Los elevados valores de conductividad eléctrica, de iones amonio, sodio, y cloruro, y la presencia de carbono orgánico, en el material arcilloso situado bajo el vertedero, constituyen los principales parámetros indicativos de la presencia de contaminación. La penetración de la contaminación ha sido constatada en las secciones más superficiales de los sondeos, llegando hasta

aproximadamente 1 - 1.5 m por debajo de la cota inferior de residuos. A partir de dicha cota, el frente salino se mantiene constante y en concentraciones mucho menores. La profundidad de penetración parece asociarse a la existencia de una capa de arcilla alterada, que es significativamente distinta al sustrato existente bajo esa cota, y que está constituida por materiales más ricos en filossilicatos. Dicha capa alterada se ha supuesto relacionada con movimientos de tierra durante las labores de nivelación o afirmado en la cubeta del vertedero.

## AGRADECIMIENTOS.

Este estudio se enmarca en el Plan I+D+i (A113/2007/3\_02.6) del Ministerio de Medio Ambiente, realizándose en cooperación con Geotecnia y Cimientos S.A. (GEOCISA), el Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), y el Instituto de Ciencias de la Tierra Jaime Almera (ICTJA - CSIC).

## REFERENCIAS.

- Rowe, R.K., Quigley, R.M., Booker, J.R. (1995): Clayfill leachates systems for waste disposal facilities. Spon Press. Abingdon, Oxon. 390 p.
- Owen, J.A., Manning, D.A.C. (1997): Silica in landfill leachates: implications for clay mineral stabilities. Applied Geochemistry. 12, 267-280.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1994): Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III. Madrid.