

Determinación del Punto Isoeléctrico de Residuos de Grano Fino y su Potencial Uso en la Neutralización de Aguas Ácidas

/ ANA VÁZQUEZ GONZÁLEZ (1,*), SILVIA FERNÁNDEZ BOGO (1), JORDI DELGADO MARTÍN (1), ISMAEL FALCÓN SUÁREZ (1), VÍCTOR BARRIENTOS RODRÍGUEZ (1), RICARDO JUNCOSA RIVERA (1), TIZIANA MISSANA (2), URSULA ALONSO DE LOS RÍOS (2), PEDRO LUIS MARTIN (2)

(1) E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Campus de Elviña s/n. Universidade da Coruña. 15192, A Coruña (España)

(2) Centro de Investigaciones Energéticas, Tecnológicas y Ambientales de Madrid (CIEMAT) Avenida Complutense 22. 28040 Madrid. (España)

INTRODUCCIÓN.

El pH en el que una superficie mineral cambia el signo de su carga eléctrica se denomina punto de carga cero. Si una superficie cambia su carga neta superficial como resultado exclusivo de la adsorción de iones H^+ o OH^- , el pH en el que se produce el cambio de signo recibe el nombre de punto de carga protónica neta cero (en inglés, PZNPC) o punto isoelectrico (Stumm y Morgan, 1996). Este parámetro es característico para cada sólido e independiente de la composición de la solución. Puede ser determinado en lo que se denomina una solución electrolítica indiferente, es decir, aquella en la los cationes y aniones de la sal mayoritaria no tienden a quedar adsorbidos (Langmuir, 1997).

El PZNPC es una propiedad relevante a la hora de estudiar la capacidad que un medio sólido específico posee para retener ciertos contaminantes iónicos (p. Ej. metales). No obstante, si bien existe un cierto número de estudios relativos a su determinación sobre sustancias puras, son más raros los trabajos en los que esta se caracterice en materiales de naturaleza mixta.

En el presente trabajo se presentan algunos resultados relativos a la medida de los PZNPC sobre residuos de grano fino de distinto origen: residuos de corte de rocas graníticas y basálticas, cenizas volantes y lodos resultantes del proceso de potabilización de aguas. Esos mismos residuos han sido empleados para estudiar su comportamiento frente a la interacción con aguas ácidas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para la determinación del PZNPC se han seleccionado distintos tipos de residuo cuya característica común es el poseer

una granulometría muy fina. Esta propiedad constituye una característica idónea para el tratamiento activo de aguas ácidas puesto que aporta una superficie reactiva para el secuestro de contaminantes elevada. Dos de los materiales empleados son producto de la elaboración de la piedra natural (finos ó serrines de granito y basalto) mientras que los otros dos resultan de procesos industriales (cenizas volantes y lodos del proceso de potabilización de agua para el abastecimiento humano). Todos ellos han sido o son objeto de una exhaustiva caracterización fisicoquímica.

Para la determinación del PZNPC se prepararon 3 disoluciones de NaCl con distinta concentración (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} M) de modo que, a tomando un volumen de cada una de ellas de 250 mL, se les añadió, por separado una masa de 0,02 g de cada uno de los materiales

estudiados. A lo largo de cada ensayo se determinó el valor del potencial eléctrico a medida que el valor del pH cambiaba (basificando ó acidificando con NaOH ó HCl 0.1M) a lo largo de un rango de ~3 a ~11. Las medidas se realizaron con un equipo Malvern Zetamaster compuesto por una unidad óptica, un correlador y un ordenador. La unidad óptica del equipo incorpora un láser de 2 mW de He-N-Be ($\lambda = 633$ nm), un sistema de lentes para el direccionamiento del haz a través de la celda de medida, una unidad de montaje-posicionamiento y un sistema de fotomultiplicación. El correlador pertenece a la serie 7032, con un procesador de datos Multibit 8xn y tiempo de muestreo seleccionable. Ello permite cuatro tiempos de muestreo separados en cada medida. Al pasar la señal del fotomultiplicador por la unidad de la correlación, se mide la intensidad (cuentas-segundo) así como

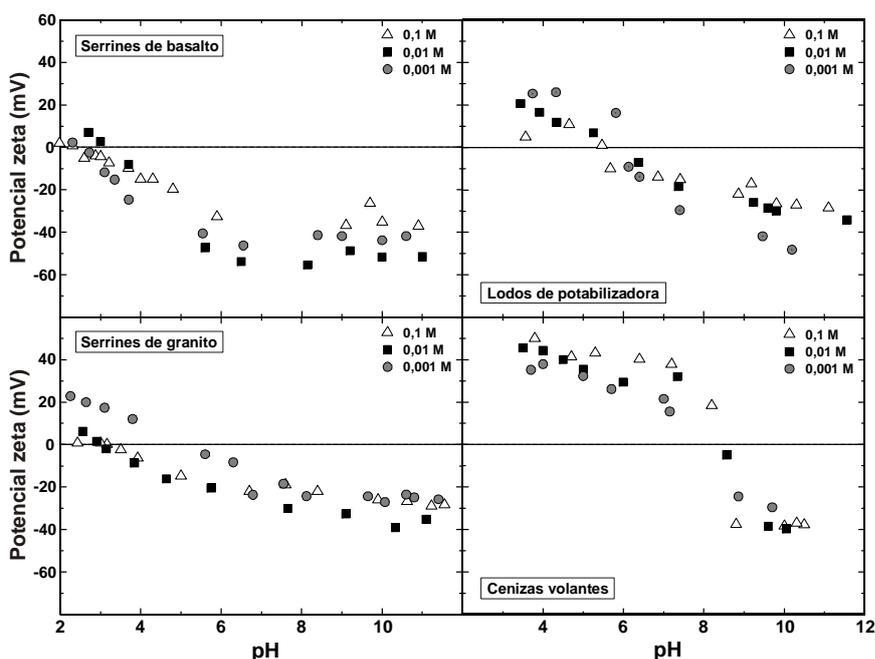


fig 1. Punto de carga cero para ciertos tipos de residuos inertes o no peligrosos.

palabras clave: Punto isoelectrico, PZNPC, Neutralización, Aguas ácidas, Residuos

key words: Isoelectric point, PZNPC, Neutralization, Acidic waters, Waste

la función de autocorrelación de la luz dispersada. Esta función es analizada para obtener el potencial (Alonso, 2004). Una vez obtenidos los valores del potencial eléctrico para los diferentes valores de pH y para cada una de las 3 soluciones, se representan las curvas correspondientes en un diagrama potencial zeta vs. pH. La región en la que el potencial se anula representa el punto isoeléctrico del material.

Para el estudio de la capacidad atenuadora de la acidez de aguas de los distintos materiales estudiados se determinó, en primer lugar sus correspondientes potenciales de neutralización de acuerdo con el método de Sobek. Asimismo, se realizaron ensayos de interacción estática en los que una cierta masa de cada residuo estudiado se puso en contacto con una solución ácida natural (relación sólido:líquido 1:10; pH = 3,56; C.E. = 1,89 mS/cm; $E_H = 335,9$ mV; acidez ~ 130 mg CaCO_3/L) durante unas tres semanas, sin agitación. A lo largo de ese tiempo se determinó, con una periodicidad de 24 horas, la evolución del pH, la conductividad específica, el potencial redox, la concentración de oxígeno disuelto así como otros parámetros químicos de interés de forma más espaciada.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

En la figura 1 se presentan los resultados correspondientes a la determinación de los PZNPC de los distintos materiales estudiados. Es interesante destacar que, si bien tanto los serrines de granito como los de basalto poseen un PZNPC en torno a 3 (circunstancia común a la de muchos minerales silicatados; Langmuir, 1997), el valor absoluto del potencial zeta para valores de pH neutro a básico es mayor en el caso de los basaltos que en el de los granitos. Ello sugiere que los serrines de basalto mostrarían una mayor eficacia a la hora de secuestrar cationes que los de granito. Por otro lado, los lodos de potabilizadora presentan un valor de PZNPC en torno a 5.5 mientras que para las cenizas volantes este valor se sitúa alrededor de 8.5. Por ello, teniendo sólo en consideración su comportamiento como sustrato adsorbente, mientras los residuos de corte de piedra natural (granito y basalto) pueden constituir un medio adecuado para el secuestro de ciertas especies catiónicas, en el caso de los lodos de potabilizadora y las cenizas

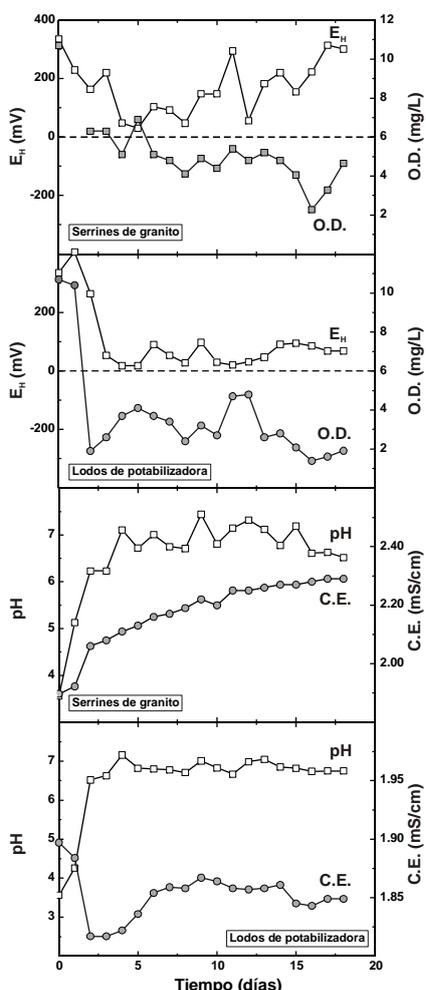


fig 2. Variación del potencial redox (E_H), concentración de oxígeno disuelto (O.D.), pH y la conductividad específica (C.E.) a lo largo de los ensayos de neutralización estática (sin agitación) con serrines de granito y lodos de potabilizadora.

volantes estudiadas serían materiales interesantes para reducir la concentración de ciertas especies aniónicas.

Todos y cada uno de los residuos estudiados presentan, además, una más o menos marcada reactividad en presencia de agua. Ello se pone en evidencia a la hora de analizar su comportamiento como neutralizadores de aguas afectadas por problemas de drenaje ácido.

En la figura 2 se muestran los resultados parciales de dos ensayos de neutralización realizados con serrines de granito y lodos de potabilizadora. Podemos comprobar que, en los dos casos, la corrección del pH es un fenómeno relativamente rápido, alcanzándose valores próximos a la neutralidad en unos dos días de

interacción sin agitación. La curva de evolución de la conductividad eléctrica de los serrines de granito pone en evidencia un aumento progresivo de este parámetro a resultas de la disolución de ciertos de sus componentes minerales (Delgado et al., 2005). Sin embargo, en el caso de los lodos de depuradora la evolución es algo más compleja, con una rápida caída coincidiendo con el rápido proceso de neutralización y la acusada formación de coloides, seguida de un ligero aumento y estabilización posterior. Por otro lado, en relación al potencial redox en el ensayo con serrines de granito, éste cae a valores cercanos a los 50 mV, con una tendencia a la recuperación gradual de los valores de partida. Dicha recuperación parece corresponderse con la pauta evolutiva del oxígeno disuelto, que desciende bruscamente al principio para aumentar ligeramente, más tarde. El control de los procesos redox con los serrines de granito estaría relacionado con el papel regulador de la granalla de acero abundantemente presente en estos residuos. Por el contrario, los lodos de depuradora manifiestan un valor de potencial redox mucho más estable y reductor, con contenidos de oxígeno muy bajos. Este comportamiento puede ser relacionado con un cierto efecto tampón debido a la oxidación de la materia orgánica que contienen los lodos de potabilizadora.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido financiado con los proyectos: CGL2006-01452HID, BIA-2005-07916, PGDIT06PXIC176002PN, las ayudas de la Xunta de Galicia pertenecientes al programa Angeles Alvariño, y Fondos Europeos para el Desarrollo Regional 2007/2013. La determinación de los PZNPC se realizó en el CIEMAT.

REFERENCIAS.

- Alonso, U. (2004): *Influencia de los coloides en el transporte de contaminantes en la interfaz campo cercano/ campo lejano de un almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad*. Colección Documentos CIEMAT. Madrid. 237 p.
- Delgado, J., Vázquez, A., Juncosa, R. y Barrientos, V. (2005): *Geochemical assessment of the contaminant potential of granite fines produced during sawing and related processes associated to the dimension stone industry*. *J. Geochem. Expl.*, **88**, 24-27
- Langmuir, D. (1997): *Aqueous environmental geochemistry*. Prentice Hall. Londres, 600 p.
- Stumm, W. y Morgan, J.J. (1996): *Aquatic chemistry*. 3ª edición. John Wiley & Sons. Nueva York, 1022 p.