

Las cenizas de combustión de carbón como fuente secundaria de tierras raras. Comparativa con otras cenizas y residuos industriales y mineros

H. Muñiz Sierra¹, P. Díaz Baizán², C. Díaz², M. Díaz Somoano²

¹ Institute of Chemical Process Fundamentals of the Czech Academy of Sciences, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6, Praga, República Checa

² Instituto de Ciencia y Tecnología Del Carbono, INCAR-CSIC, C/Francisco Pintado Fe 26, 33011, Oviedo, España
muniz@icpf.cas.cz

Palabras clave: Tierras raras, Materias Primas Críticas, cenizas de carbón, residuos municipales e industriales.

Las tierras raras como elemento clave en el desarrollo tecnológico y social

Las tierras raras (REE) se están convirtiendo en la sociedad actual en elementos claves en el desarrollo tecnológico de nuestra sociedad. Su utilización se encuentra íntimamente ligada al desarrollo de nuevas tecnologías esenciales para el nuevo modelo de transición energética verde europeo. La Unión Europea es uno de los mayores consumidores mundiales de REE y otros elementos críticos, sin embargo, su demanda se cubre principalmente con importaciones (alrededor del 98% de las REE utilizadas en la Unión Europea en 2021 se importaron, en su mayoría, de China). En el año 2020, la Comisión Europea presentó un "Plan de Acción sobre Materias Primas Fundamentales" basado en la diversificación de las exportaciones y la capacidad de la UE para extraer, procesar, reciclar y refinar este tipo de materiales [1]. De acuerdo a este plan de acción y con el objetivo de paliar esta dependencia con terceros países, los diferentes países miembros están investigando diferentes depósitos minerales, colas de explotaciones mineras e incluso residuos municipales e industriales con el objetivo de conocer su posible viabilidad como fuente secundaria de estos metales.

Con el objetivo de abundar en el conocimiento de la potencialidad de los residuos como fuente secundaria de REE, el presente estudio ha caracterizado y comparado diferentes cenizas de plantas de combustión de carbón, cenizas de incineración de residuos sólidos urbanos, escorias de acerías y colas de explotación minera.

Toma de muestras y caracterización química

Para el presente estudio se han obtenido muestras representativas de los siguientes residuos: cenizas de fondo y volantes de una planta de incineración de residuos sólidos urbanos (RSU) y cenizas de combustión de una central térmica de carbón (denominada cenizas carbón) de República Checa, escorias y cenizas de una planta de producción de acero (denominada acería) y colas de una planta de concentración de fluorita (fluorita) de España.

La caracterización química de los diferentes residuos fue realizada mediante un equipo ICP-MS. La digestión se realizó mediante un digestor microondas (modelo Milestone Ethos ONE). La mezcla de ácidos seleccionada para la digestión fue ácido clorhídrico (HCl) y ácido nítrico (HNO₃) en relación volumétrica 1/1. Tanto el proceso de digestión como el análisis mediante ICP-MS fue calibrada mediante un material de referencia certificado BCR 667 obteniéndose desviaciones menores al 5% con respecto a los valores certificados. Los análisis se realizaron por triplicado para garantizar la representatividad y homogeneidad de las muestras.

Resultado y discusión

Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Concentración de los REE más relevantes en los residuos estudiados [ppm]

	Sc	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb
RSU – Cenizas fondo	5,4	23,1	48,6	6,3	23,9	2,4	1,1	3,2	2,4	1,3	1
RSU – Cenizas volantes	9,2	30,6	103,5	6,2	22,5	6	1,2	3,8	3	2,1	1,7
Cenizas Carbón	n.a.	13,3	45,4	3,6	14,7	2,3	0,7	2,4	2,2	1,2	1,1
Acería – Escoria negra	17,6	39,2	78,3	8,8	36	7,3	2	7,4	7	4,2	4,2
Acería – Escoria molida	18,8	46,7	95,8	10,2	41,8	8,4	2,3	8,6	8,3	5,1	4,9
Acería – Ceniza volante	19,3	34,4	67,6	8	32,7	6,5	1,5	5,9	4,9	2,6	2,4
Fluorita – Arena	n.a.	1,9	3,9	0,5	2,3	0,1	0,6	0,6	0,6	0,3	0,2
Fluorita – Estéril	n.a.	2,3	4,8	0,6	3	0,3	0,3	0,8	0,8	0,3	0,3

Se observan grandes variaciones significativas en las concentraciones de REE según la naturaleza de los residuos estudiados. En el caso de los RSU existen concentraciones significativas de lantano, cerio y neodimio. Su abundancia puede relacionarse con la cantidad de residuos electrónicos incinerados [2]. En el caso de los residuos de acería se observan también concentraciones relevantes de estos elementos, siendo también relevantes las concentraciones de escandio y praseodimio. Estos elementos pueden asociarse, entre otras, a la geología de la mena de hierro utilizada [4]. La abundancia de REE en las cenizas de carbón son similares a las expuestas en la literatura, aunque su abundancia depende de la naturaleza del carbón [3]. Las colas de concentración de fluorita, sin embargo, no contienen concentraciones relevantes de REE lo que las descarta como mena secundaria.

Conclusiones

Se concluye que el método analítico utilizado resulta adecuado para la determinación del contenido de REE en este tipo de materiales.

Se pueden observar distintas concentraciones de estos elementos dependiendo de la naturaleza del residuo estudiado. En el caso de las cenizas procedentes de RSU la abundancia de elementos como cerio o el neodimio pueden explicarse por la presencia de residuos eléctricos y electrónicos en el residuo incinerado, del mismo modo su presencia y abundancia en las escorias de acería y cenizas de combustión de carbón puede relacionarse con la geología de la mena de hierro y carbón.

Se ha descartado, por último, el uso de colas de concentración de fluorita como mena secundaria debido a la muy baja abundancia de estos elementos.

Referencias

- [1] Comisión Europea, Resiliencia de las materias primas fundamentales: trazando el camino hacia un mayor grado de seguridad y sostenibilidad. 2020.
- [2] S. Pérez-Martínez, J. Giro-Paloma, A. Maldonado-Alameda, J. Formosa, I. Queralt, J.M. Chimenos, Characterisation and partition of valuable metals from WEEE in weathered municipal solid waste incineration bottom ash, with a view to recovering, Journal of Cleaner Production, 2019, 218:61-68.
- [3] F. Xu, S. Qin, S. Li, J. Wang, D. Qi, Q. Lu, J. Xing, Distribution, occurrence mode, and extraction potential of critical elements in coal ashes of the Chongqing Power Plant, Journal of Cleaner Production, 2022, 342:130910.
- [4] J. Gao, H. Xu, X. Lan, Z. Guo, Phase equilibrium of the CaO–SiO₂–Al₂O₃–Ce₂O₃ system: A basis for recovering REEs from RE-Containing slag, Ceramics International, 2022, 48:34097-34914.