



Investigación de Tierras Raras en el noroeste peninsular. Galicia (España)

Investigation about Rare Earths in north-west peninsular. Galicia (España)

FERRERO, A; RUIZ, J. y VIDAL, A.

Se presenta una revisión del estado del conocimiento, desde un punto de vista minero, de estas sustancias en Galicia y se expone el planteamiento de los trabajos en realización así como la metodología de concentración empleada, resaltando aquellos aspectos relevantes obtenidos en función del análisis realizado y de los primeros trabajos.

Palabras clave: Tierras Raras, Galicia, España.

We submit a revision of state of knowledge, from the mining point of view, of these substances in Galicia and set out the form in which the work is being carried out and the method of concentration being used, highlighting those relevant aspects obtained as a result of the analysis carried out in the first studies.

Key words: Rare Earths, Galicia, España.

FERRERO, A. (Instituto Tecnológico Geominero de España. Galicia. c/ Cardenal Payá, 18 - 1.º 15703 Santiago. A Coruña). RUIZ, J.; VIDAL, A. (Norcontrol, S. A. c/M.1 Luisa Durán Marquina, 20. A Coruña).

INTRODUCCION

Existe cierta confusión al no coincidir los distintos autores en lo que engloba el término «Tierras Raras».

Cuando se utiliza, en la literatura anglosajona, «Rare Earths» sin ninguna indicación o el de «Rare Earths Oxides» (REO), los autores consultados se refieren a los óxidos de los «Rare Earths Elements» (REE) o Ele-

mentos de Tierras Raras, que estarían constituidos por el grupo de los lantánidos, es decir los 15 elementos que van desde el Lantano (n.º at. 57) al Lutecio (n.º at. 71) y por similitud en sus propiedades físicas y químicas así como por encontrarse conjuntamente en la naturaleza, se incluye siempre el Itrio (n.º at. 39) y, algunos autores, el Escandio (n.º at. 21) y el Torio (n.º at. 90) (BATES and JACKSON, 1987).

La división de las Tierras Raras en ligeras o céricas y pesadas o ítricas se utiliza actualmente con un sentido eminentemente práctico ya que los dos grupos se distribuyen en recursos con génesis diferentes, y tienen, en general, un valor económico distinto. El límite entre ambos grupos se sitúa un tanto arbitrariamente por los distintos autores, si bien suele establecerse entre el Gd (n.º at. 64) y el Tb (n.º at. 65) y en cualquier caso, el Th se sitúa con las REE ligeras y el Y y el Sc con las pesadas (KILBOURN, 1988).

Los minerales que constituyen las principales menas de Tierras Raras son:

Monacita (un fosfato de REE ligeras), es la principal fuente de cerio y con la torita la mena más importante de torio. Se extrae fundamentalmente de yacimientos tipo placer junto con otros minerales densos como ilmenita, circón y rutilo, siendo la monacita un subproducto de la producción de titanio. También se obtiene como subproducto de explotaciones aluviales de Sn.

Australia es la principal productora de monacita (57 % de los concentrados mundiales en 1985) y su producción proviene de los placeres (playas y dunas) principalmente de su costa Oeste.

Otros productores importantes son Malasia, India, China y Brasil.

El contenido en REO en los concentrados de monacita de yacimientos tipo placer se sitúa en un 55-60 %.

Xenotima (fosfato de REE pesadas) es la principal fuente de Y y se extrae de placeres. Frecuentemente acompaña a la monacita en placeres como los ya referidos y se ex-

trae también como subproducto de la recuperación de rechazos de la minería del Sn en Malasia, que fue líder en la producción mundial de xenotima en 1985, perdiendo tal condición en 1986 por la caída del precio del Sn.

Otros productores son Tailandia, China y Australia.

Bastnaesita (fluorcarbonato de REE ligeras) constituye una importante mena de REE que se encuentra en complejos alcalinos de carbonatitas (Mountain Pass-USA, única explotación de menas de REE como sustancia principal) y en mineralizaciones complejas de las que se obtiene con subproducto, junto con monacita, en la producción de hierro (China).

USA es la principal y prácticamente la única productora.

Los concentrados de Bastnaesita contienen del 60 al 85 % de REO.

Otras menas importantes actualmente para la obtención de REE como subproductos del beneficio de otras sustancias son: apatito (rocas fosfóricas de la península de Kola-Rusia); euxenita (con la monacita en placeres); Brannerita (subproducto en la producción de uranio en Elliot Lake-Canada); y otras como Gadolinita y REE absorbidos en la superficie de minerales aluminosilicatados tales como el caolín y que suelen presentar enriquecimientos en Europio.

Usos: En el cuadro-1 se señalan los principales usos de las REE, se basan en una gran diversidad de propiedades físicas, químicas e industriales que las hacen imprescindibles en los campos más avanzados de la tecnología. Tales usos corresponden a cuatro campos de aplicación fundamentales que ordenamos según su importancia en valor (KILBOURN, op. cit.): Compuestos fosforados, Química y Catálisis, Vidrio y Cerámica, Metalurgia.

Producción, consumo, mercado, tendencias: En la Fig. 1 se señalan los principales países significativos en relación con las

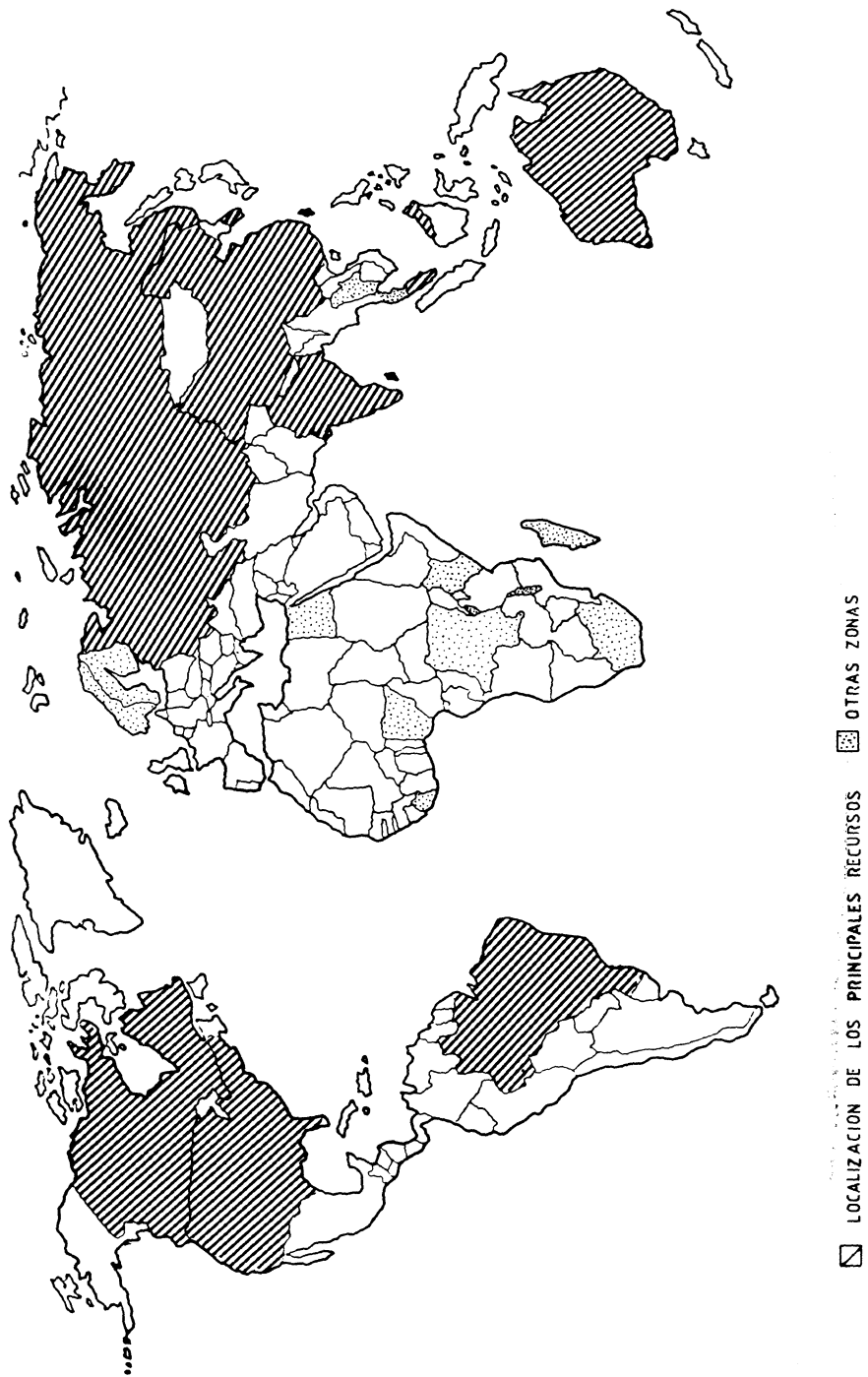


Figura 1(a)

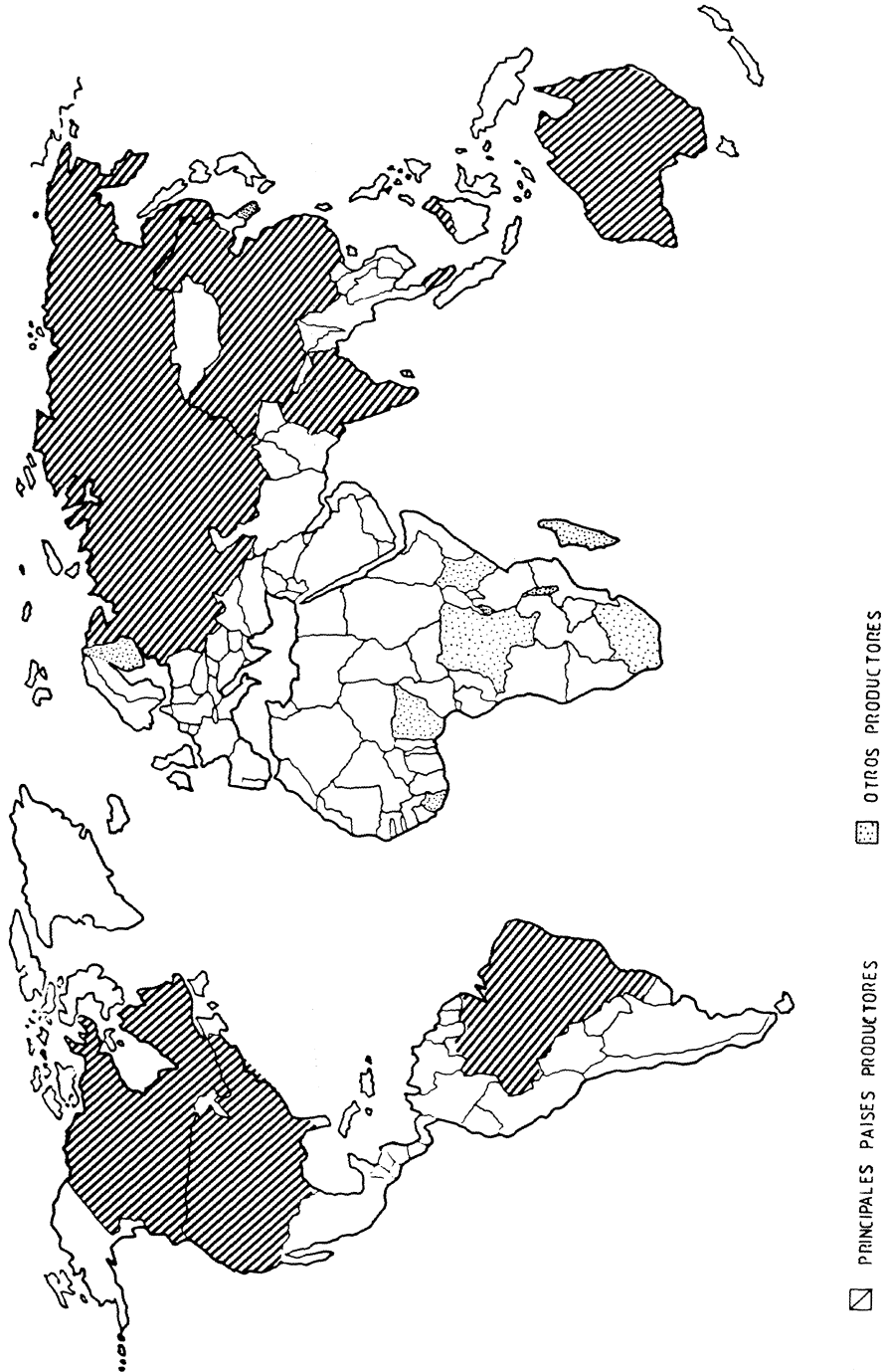


Figura 1(b)

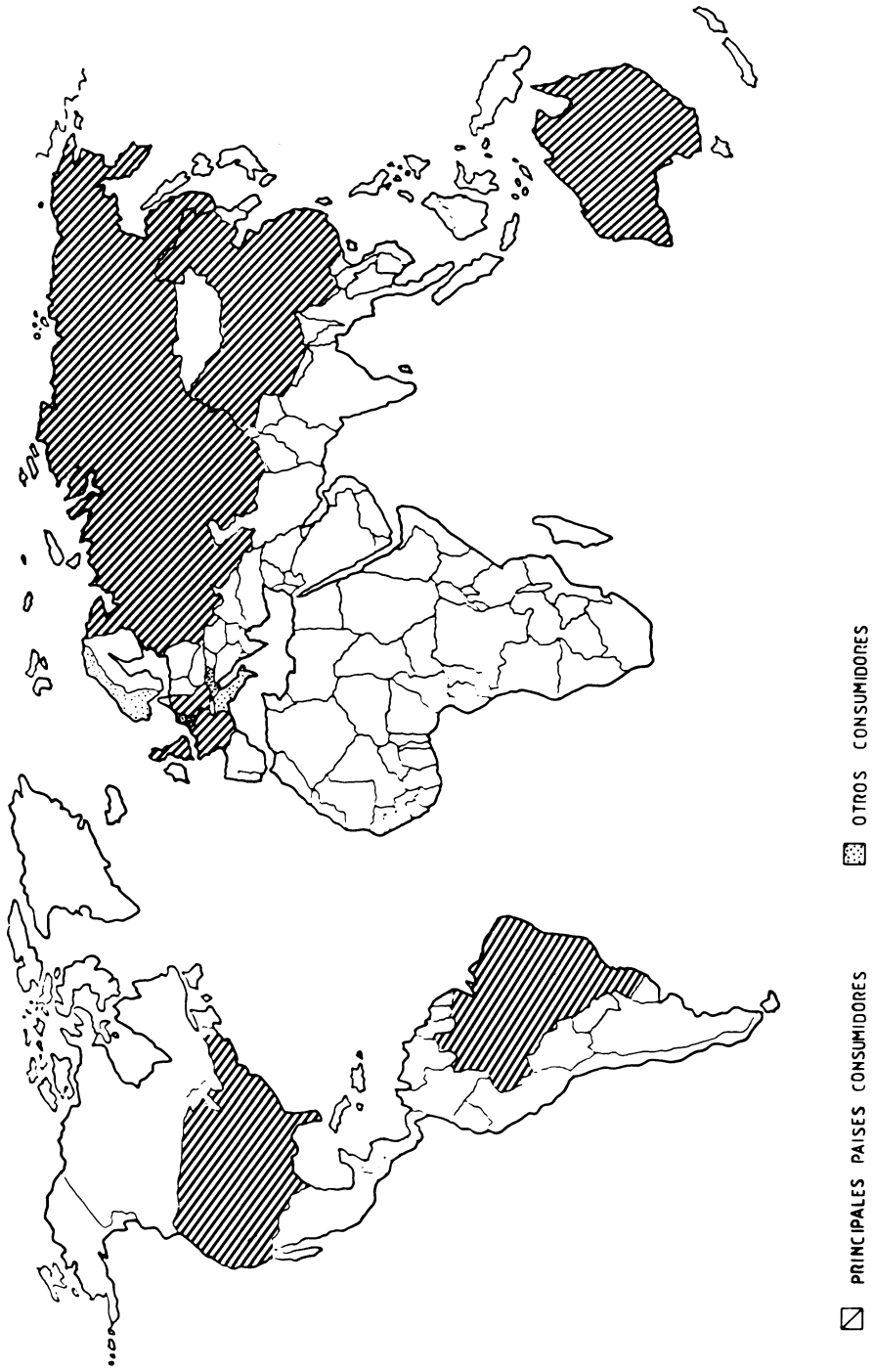


Figura 1(c)

Las mayores posibilidades futuras de incrementar las reservas se encuentran en los depósitos tipo placer y más teniendo en cuenta la buena situación actual del Ti y Zr.

Aunque los precios (cuadro-4), de las REE ligeras, exceptuando el Europio, son muy inferiores a los de las pesadas (así para el Tulio es del orden de 13.000 \$/Kg), la estabilización de algunos mercados que estaban en regresión (catálisis, metalurgia, vidrio), el crecimiento de otros (autocatálisis, compuestos fosforados), pone en buena situación la demanda de REE ligeras como el itrio, samario, cerio y neodimio.

El mercado mundial está controlado por unas pocas compañías (Rhône Poulenc, Molycorp) y Japón, no obstante el alto potencial de China la sitúa en condiciones de tener a corto plazo un fuerte peso en el mercado.

Las principales investigaciones se relacionan fundamentalmente con los procesos de separación de REE y con su incorporación al mercado de los superconductores (CLARK, 1986, 1987; ROBJHONS, 1987; KILBOURN, op. cit.; FRANK and WATTS-JONES, 1988; O'DRISCOLL, 1988).

No existe en España producción de REE (aunque en alguna ocasión se hayan obtenido como subproducto de otra minería), y la demanda interna, para su uso en la fabricación de aleaciones pirofóricas y material para pulimento de vidrios, se importa en forma de mischmetal, ferrocerio y cloruros siendo del orden de 100 Tm el total.

ANTECEDENTES

La primera referencia a la existencia de tierras raras en Galicia se encuentra en CALDERON (1910), quien señala la existencia de una muestra de arena monacítica presumiblemente de Galicia (y que era objeto de explotación), sin que se conozca su lugar de procedencia.

Con posterioridad, PARDILLO y SO-

Cuadro - 2

RESERVAS MUNDIALES DE TIERRAS RARAS

PAISES	REO(Tm)	%
Estados Unidos	6.470.911	13,59
Australia	753.923	1,58
India	1.939.241	4,07
Sudáfrica	986.820	2,07
Otros países con economía de mercado	962.984	2,02
China	36.000.000	75,61
Otros países con economía planificada	500.000	1,05
TOTAL	47.613.879	100,00

Fuente: Hedrick, J.B. (1988).

Citado en O'Driscoll (1988); Anstett et al. (1988)

RIANO (1929), indican que arenas de la ría de Vigo contienen hasta 1,25 % de monacita, dato que no pudo ser comprobado posteriormente por PARGA PONDAL (1935), quien señala, a su vez, unas arenas muy ricas en monacita (hasta el 30 %), procedentes de la playa Insuela (cerca de Palmeira), en la Ría de Arosa.

Se había iniciado así el estudio de minerales pesados de los arenales del litoral de Galicia, que se consolidó en una línea de investigación orientada al conocimiento de las asociaciones mineralógicas y sus relaciones genéticas con las rocas de las posibles áreas de fuente.

Se realizaron estudios sistemáticos de la Ría de Laxe y de la costa de Finisterre teniendo estos primeros trabajos también un objetivo económico al tratar de conocer las cantidades recuperables de algunos de los minerales encontrados, como la ilmenita y la monacita, que tenían un importante valor industrial, estudiándose en ocasiones a partir de muestras de gran tamaño y mediante técnicas de concentración de tipo industrial (PARGA PONDAL, 1935a; PARGA PONDAL y PEREZ MATEOS, 1954, 1956).

En la misma línea se sitúan los estudios de la Ría de Vigo, de la costa norte de Galicia desde Malpica a Estaca de Bares, y aquellos realizados sobre minerales densos en el contexto de estudios más amplios especial-

Cuadro - 3

PRODUCCION MUNDIAL DE OXIDOS DE TIERRAS RARAS (Tm)

PAISES	AÑO											
	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1981	1982	1983	1984	1985
EM												
Australia	728	118	221	1.406	2.664	2.706	8.624	7.430	5.229	7.975	9.189	8.250
Brasil	-	-	628	358	1.386	871	1.362	1.452	1.061	1.100	1.100	3.300
India	-	-	-	1.525	2.181	1.797	1.634	2.201	4.000	2.200	2.200	2.200
Malasia	-	152	26	423	995	1.972	1.180	165	320	187	2.563	3.300
USA	418	664	-	-	-	14.940	15.986	17.094	17.501	17.083	25.311	13.428
Otros	-	5.504	472	705	229	639	454	193	226	242	342	350
Subtotal	1.146	6.438	1.347	4.417	7.455	22.925	29.240	28.535	28.337	28.787	40.705	30.828
EP												
China	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.000	8.000	10.000
Otros	-	-	-	-	-	-	2.451	-	-	1.500	1.500	1.500
Subtotal	-	-	-	-	-	-	2.451	-	-	7.500	9.500	11.500
TOTAL	1.146	6.438	1.347	4.417	7.455	22.925	31.691	28.535	28.337	36.287	50.205	42.328

EM=Países con econ. de mer.

EP=Países con econ. plan.

e=estimación

Fuente: Anstett et al. (1988)

mente sedimentológicos. Aportan muy escasa información sobre las Tierras Raras existentes aunque sí respecto a minerales acompañantes tales como el circón etc. (SAINZ AMOR y AMOROS, 1963; PEREZ MATEOS, 1965; PEREZ MATEOS y CARABALLO, 1969, 1969a, 1970; DE GRAAF and WOENSNDREGT, 1963; KOLDIJK, 1968; ARPS and KLUYVER, 1969; DE JONG and POORTMAN, 1970).

Son también muy escasas las indicaciones sobre las posibles fuentes de aporte de minerales de Tierras Raras a los depósitos secundarios de Galicia. Los estudios en este aspecto se limitan, en general, a constatar la presencia de monacita y xenotima como accesorios en una gran diversidad de rocas, tanto metamórficas como ígneas (metasedimentos, ortogneis migmatíticos, granitos, pegmatitas, etc.), sin embargo no existen datos de enriquecimiento a excepción de los gneises radioactivos de la Sierra de Galiñeiro (Pontevedra), donde se señalan concentraciones de hasta el 11 % para la suma de allanita, circón y xenotima con contenidos altos en Y_2O_3 (muestras con hasta un 4 %)

(FLOOR, 1968; ARPS., 1970, 1970a; ARRIBAS, 1963).

Se han señalado dos tipos de monacita, una amarilla (endogena) rica en REE ligeros y pobre en Europio y otra gris, cuyas diferencias fundamentales (DONNOT *et al.*, 1973), consisten en que esta última tiene un alto contenido en Europio (0,3 al 1 %), en sílice, en hierro y aluminio (debido a inclu-

Cuadro - 4

PRECIOS DE LAS TIERRAS RARAS

concentrado(fob)	% REO	\$/Lb
Bastnaesita	60-85	1.15-1.55
Lantano	80	1.35-1.50
Cerio	60% Ce_2O_3	1.40-1.65
Monacita Australia	55	\$ 700-780 Kg
Itrio Malasia	60% Y_2O_3	32-33 Kg
oxidos(fob)	% pureza	\$/Lb
Europio	99,99	745-825
Lantano	99,99	8,75-9,50
Cerio	99,99	8,00-8,75
Neodimio	99,00	40,00-45,00
Itrio	99,99	52,50-55,00
Samario	96,00	85,00-90,00
Gadolinio	99,99	65,00-70,00
compuestos(fob)	% pureza	\$/Lb
Cloruro de Lantano	-	1,00-1,15
Carbonato de Lantano	99,9	5,90-6,25
Carbonato de Cerio	99,0	4,00-4,50

Fuente: Simplificado de O'Driscoll, M. (1988)

siones) y un bajo contenido en torio por lo que su radioactividad es mucho más débil que la de la monacita amarilla, por otra parte más densa y de colores claros (amarillo a pardo rojizo).

La monacita gris se ha localizado en metapelitas de la Formación Agüeira y con menor frecuencia en las Pizarras de Luarca (Ordovícico medio) de la zona Asturoccidental-Leonesa así como en depósitos secundarios relacionados (aluviones y materiales detríticos del Cuaternario y Terciario).

Se trata de concentraciones secundarias de monacita gris (valores medios del orden de 100 gr/m³), con la que no se conoce asociación, con contenidos de interés, de otros minerales.

Estos depósitos pueden compararse, tanto por las características de la mineralización primaria (fundamentalmente en las pizarras de la Formación Agüeira), como de las concentraciones secundarias, con los yacimientos de Breñaña (Francia), si bien con contenidos bastante inferiores a los valores medios encontrados en estos últimos y que se sitúan de 1 a 4 kg/m³ de monacita (IGME, 1977a, 1978; DONNOT *et al.*, op. cit.).

Se ha citado también en aluviones de la parte oriental de Galicia y en el Sur de la provincia de Ourense e hipotéticamente se ha relacionado con posibles pegmatitas o con corneanas (IGME, 1978 a y b).

Los análisis de la monacita gris demuestran su alto contenido en Europio, (IGME, 1978), mientras que las descripciones y análisis de las monacitas no adjetivadas nos indican que se trata de monacita amarilla (PARGA PONDAL y PEREZ MATEOS, 1952; COPPENS, 1954; IGME, 1977).

La monacita amarilla se presenta extensivamente por todo Galicia aunque en general a nivel de trazas y en ocasiones con la presencia de xenotima. Por lo que se refiere a las zonas donde la presencia de este tipo de monacita es más constante o en las que se tienen datos de su mayor abundancia, pueden indicarse los depósitos costeros (playas y

dunas) y especialmente en la costa de Finis-terre, costa norte de la Ría de Arosa y en la Ría de Vigo en el entorno costero Norte y Sur de Vigo capital. También se ha constatado su presencia con una cierta abundancia en los sedimentos de plataforma de las Rías de Pontevedra y Vigo y en aluviones, principalmente de la provincia de Ourense y Pontevedra (PARGA PONDAL y PEREZ MATEOS, 1956; IGME, 1977).

La variabilidad espacial y temporal de las concentraciones de minerales densos en placeres es bien conocida y así se ha comprobado para los depósitos secundarios de Galicia. La, por otra parte, reducida extensión de la mayoría de los placeres costeros y sus importantes condicionamientos ecológicos los sitúa en el rango de recursos muy marginales a pesar de la preconcentración natural en minerales pesados, que se produce por la acción de las dinámicas marinas y eólicas y de su posibilidad de recuperación (PARGA PONDAL y PEREZ MATEOS, 1954; SAINZ AMOR y AMOROS, op. cit.; RODRIGUEZ BALTAR, 1966).

Aunque no hay referencias concretas al tamaño con que se encuentra la monacita en estos depósitos sí se ha indicado, que los minerales densos de los depósitos costeros de Galicia, se encuentran fundamentalmente en tamaños inferiores a 1 mm y frecuentemente predominando en la fracción inferior a 0,5 mm (el círculo al que suele asociarse aquella, se encuentra entre 75 y 25 micras), especialmente en las dunas. Para la monacita gris en depósitos fluviales cabe esperar tamaños mayores, entre 0.5 y 1 mm (PARGA PONDAL y PEREZ MATEOS, 1956; SAINZ AMOR y AMOROS, op. cit.; JONG and POORTMAN, op. cit., IGME, 1977a, DONNOT *et al.*, 1973). Esto se está confirmando también en aluviones y concretamente para la monacita amarilla en el trabajo en curso.

Se asocia, fundamentalmente, con minerales de Ti, Zr, Sn (W), Nb-Ta y su procedencia parece estar relacionada con rocas ígneas graníticas y con sus diferenciados pegmoaplíticos (IGME, 1977).

Los mayores contenidos estimados se sitúan entre el 2-4 % de REO en los concentrados recuperados, si bien, con anterioridad, se había dado contenidos en monacita en arenas de playa bastante más elevados, hasta un 30 % (IGME, op. cit.; PARGA PONDAL, 1935a).

Este tipo de depósitos podrían compararse, si bien en Galicia tienen dimensiones mucho más pequeñas, a los depósitos de placeres litorales de Australia, Brasil, Florida, India, etc. donde se extrae la monacita amarilla como subproducto del beneficio de ilmenita, rutilo, circón.

Existen pocos datos para poder comparar los indicios de aluvión relacionados con concentraciones de Sn, (W) en Galicia con yacimientos de los que se obtiene monacita como subproducto de la minería del Sn y donde es frecuente que se asocie o acompañe a la xenotima (Malasia, China, Tailandia, etc.).

La recuperación industrial de la monacita desde rocas que la contienen como mineral accesorio, se ha intentado sin éxito, sin embargo es posible recuperarla con concentraciones interesantes desde depósitos arenosos costeros y de aluviones (PARGA PONDAL y PEREZ MATEOS, 1952; RODRIGUEZ BALTAR, 1966, VIDAL VALDEZ DE MIRANDA, 1983).

OBJETIVOS DEL TRABAJO EN REALIZACIÓN

El objetivo fundamental del trabajo que se está realizando sobre Tierras Raras, es la localización y puesta en relieve de las zonas de mayor interés minero, bien aisladamente o, como parece más probable, como acompañantes de otras sustancias y concretamente desde yacimientos tipo placer.

El conocimiento de los elementos y minerales, así como del tipo de yacimientos y su distribución en Galicia, es un primer paso y un objetivo complementario al indicado.

También, el avance en la adecuación de los métodos de concentración que permitan una mejor valoración de las posibilidades de recuperación de esos minerales.

Indicadores iniciales en la dirección de los objetivos señalados

Los datos más relevantes que podrían extraerse de lo expuesto nos indican, en Galicia, dos tipos fundamentales de yacimientos:

- A. Yacimientos primarios en relación con complejos ácidos alcalinos (Serra do Galñeiro), que han sido considerados como yacimientos singenéticos de minerales radioactivos y comparados con los de ciertas regiones de Nigeria o de Estados Unidos. Contienen tierras céricas e ítricas (allanita, circón, xenotima y como componentes principales albita, microclina, cuarzo, biotita). Yacimientos relacionados con complejos ácido-alcalinos se han descrito más recientemente en Arabia Saudí.
- B. Yacimientos secundarios (tipo placer).
 - Asociación de monacita con minerales de Ti, Zr, Sn(W), Nb-Ta.
 - B-1. Depósitos costeros (playas y dunas) y fluviales (aluviones), relacionados con ámbitos graníticos y sus diferenciados pegmoaplíticos y con cierta relación genética, con la minería del Sn (W) y del Nb-Ta.
 - B-2. Depósitos fluviales (Cuaternarios y terciarios, relacionados con las formaciones pelíticas del Ordovícico Medio (Formaciones Agüeira y Pizarras de Luarca).

CONCENTRACION: METODOLOGIA

Al tratarse de materiales provenientes de depósitos detríticos no consolidados, se considera que el material a tratar presenta los densos de interés ya liberados, prescindiendo

diéndose por tanto de todas las etapas de trituración y molienda.

En consecuencia, la primera etapa del proceso de concentración será el precibado y la posterior clasificación como paso indispensable para la concentración del conjunto de minerales pesados.

La monacita, como mineral de las Tierras Raras dominante en Galicia, en muy pocas ocasiones supera tamaños mayores de 1 mm y los ensayos realizados hasta el momento confirman este hecho para la monacita amarilla ya que no se encuentra en cantidades significativas por encima de 0.5 mm tanto en depósitos costeros (playas y dunas) como en aluviones. Existe la posibilidad, ya señalada, de que las concentraciones de monacita gris se sitúen en granulometrías más gruesas. El circón presenta esta característica de enriquecimiento en fracciones finas de forma más acusada, pudiéndose considerar como límite granulométrico superior los 0.25 mm siempre en términos generales.

Estas consideraciones granulométricas nos llevan a un tratamiento que en principio descarta todo el material grueso; esto es importante, pues por simples clasificaciones se pueden lograr ratios de enriquecimiento de 10, con recuperaciones teóricas del 100 %.

Por otra parte el bajo contenido con que se presentan estos minerales en los concentrados naturales, junto con lo ya señalado sobre su granulometría, indica la necesidad de partir de muestras de un cierto volumen si se quieren obtener datos indicativos sobre las cantidades recuperables desde un determinado depósito. En este sentido se han realizado diversos test cuyos resultados recomiendan la toma de muestras de un cierto tamaño (> 0,5 Tm).

El esquema básico de tratamiento se muestra en la Fig. 2 y las principales modificaciones, a las que lógicamente ha de estar sujeto, se realizan en función de:

- Cantidad de muestra disponible.
- Cantidad de preconcentrado disponible.

— Composición del preconcentrado.

— Contenido en densos previsible en el «todo uno».

Básicamente es un diagrama de tratamiento de finos, en el cual se obtienen muestras de archivo de productos enriquecidos en aquellos minerales de valor económico que pueden acompañar a la «monacita».

Cuando el preconcentrado contiene cantidades importantes de minerales de Fe, que interferirían la separación de Alta Intensidad, se emplea previamente separación magnética a Baja Intensidad.

Recuperación: Se trata de alcanzar el máximo posible siempre desde un punto de vista minero. Como norma general se siguen los criterios siguientes:

— Mantener ratios de concentración bajos.

— Recircular los mixtos.

— No dar un producto netamente terminado, aún a costa de un menor enriquecimiento.

— Emplear clasificación hidráulica cerrada.

— Deslamado cuidadoso.

Cuando la cantidad de muestra lo permite, se realizan test de control para conocer la eficacia de la recuperación ya que especialmente al tratar de granulometrías finas, como en el caso que nos ocupa, las pérdidas pueden ser importantes y debe tenderse a minimizarlas, siempre dentro de límites minieramente razonables.

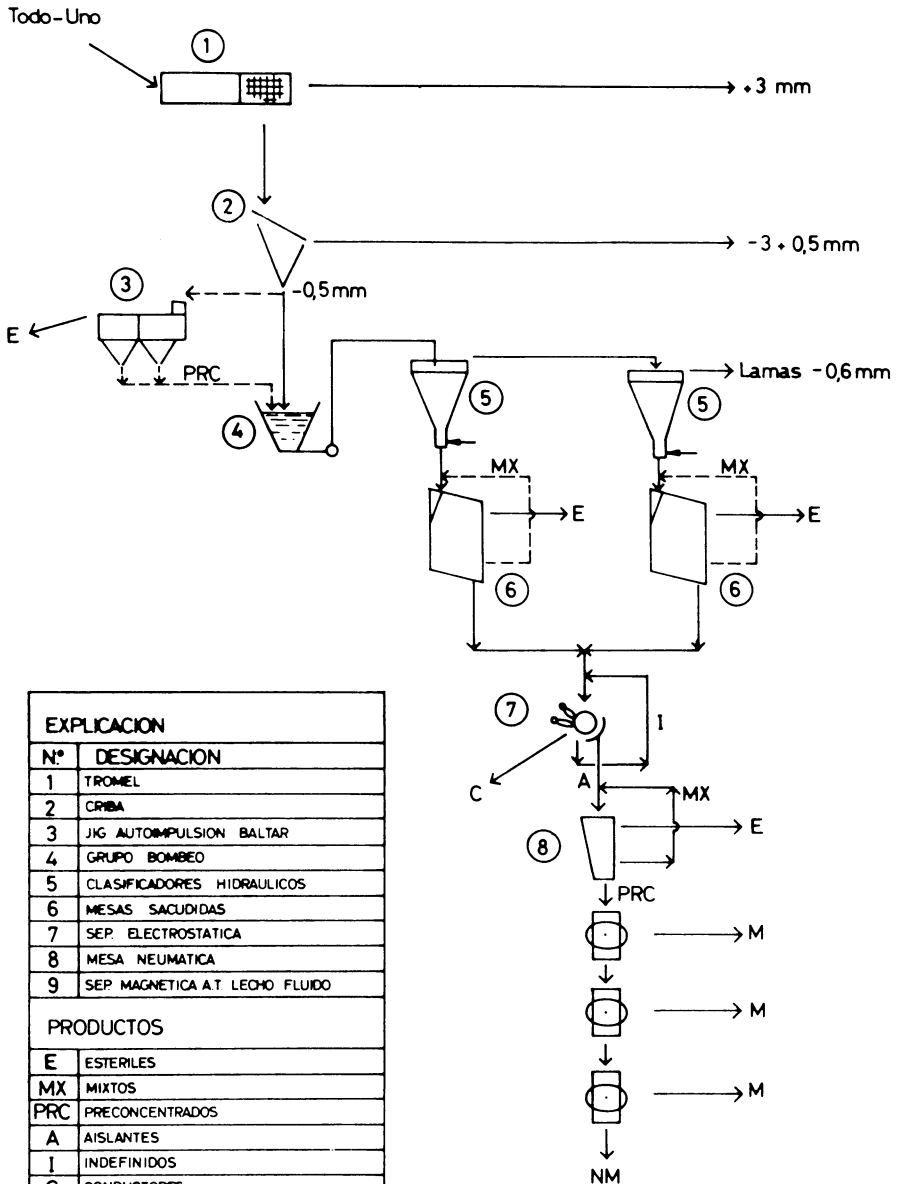
Sin embargo, el haber diseñado un tratamiento en base a elementos industriales, y totalmente flexible, nos aproxima al máximo a los resultados que pueden obtenerse mediante explotaciones y tratamiento a gran escala.

Controles: Se mantienen controles radiométricos, con Lámpara U. V., observación con binocular y en casos de interés mediante el análisis adecuado sobre todas las fracciones obtenidas.

El diseño del diagrama de tratamiento,

ESQUEMA BASICO DE TRATAMIENTO

Fig. 2



EXPLICACION	
N°	DESIGNACION
1	TROMEL
2	CRIBA
3	JIG AUTOMPULSION BALTAR
4	GRUPO BOMBEO
5	CLASIFICADORES HIDRAULICOS
6	MESAS SACUDIDAS
7	SEP. ELECTROSTATICA
8	MESA NEUMATICA
9	SEP. MAGNETICA A.T. LECHO FLUIDO
PRODUCTOS	
E	ESTERILES
MX	MIXTOS
PRC	PRECONCENTRADOS
A	AISLANTES
I	INDEFINIDOS
C	CONDUCTORES
M	MAGNETICOS
NM	NO MAGNETICOS

en sus diferentes variantes, se debe a D. Carlos R. Baltar (), investigador de equipos de tratamiento de minerales y sus procesos, de reconocido prestigio, quien ha colaborado intensamente en este programa en sus últimos años.

CONCLUSIONES

Como conclusiones previas, a la luz de la revisión realizada y de los primeros trabajos, podemos señalar las siguientes:

* Existe muy poca información en relación con los minerales de Tierras Raras existentes en Galicia: tipo de minerales y su distribución, características físicas y granulométricas, su composición química, etc.

* Los yacimientos primarios que pueden esperarse serían aquellos relacionados con complejos ácidos alcalinos.

* Aunque las mayores concentraciones parecen localizarse en depósitos de placer costeros, diversos condicionantes los sitúan en el rango de recursos muy marginales.

* Los depósitos secundarios detríticos situados en ámbitos graníticos y sus diferenciados pegmoaplíticos serían los más favorables para contener concentraciones de monacita amarilla.

* Las concentraciones de monacita gris tendrían en los depósitos secundarios detríticos con áreas de aporte desde la Formación Agüeira (Ordovícico) sus ubicaciones más probables.

* La concentración de las muestras ha de diseñarse para tamaños muy finos (< 0,5 mm) lo que unido al bajo contenido en minerales de Tierras Raras indica la conveniencia de partir de muestras de un cierto volumen.

BIBLIOGRAFIA

- ARPS, C. E. S. (1970). Zircon in granites, gneises and metasediments from western Galicia (N. W. Spain): Preliminary report on investigations of crystal habit and other optical characteristics. *Bol. Geol. Min.*, T-LXXXI-II-III, p. 144-156.
- ARPS, C. E. S. (1970 a). Petrology of a part of the western Galician basement the Rio Jallas and the Ría de Arosa (NW Spain) with emphasis on zircon investigations. *Leidse Geologische Mededelingen*, Deel 46, Aflevering 1, p. 57-155.
- ARPS, C. E. S. & KLUYVER, H. M. (1969). Sedimentology of the north-western shores of the ría de Arosa (NW Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, vol. 37, p. 135-145.
- ARRIBAS, A. (1963). Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Porriño (Pontevedra). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* (G), 61, p. 51-57.
- BATES, R. L. & JACKSON, J. A. (1987). Glossary of Geology. *American Inst.* Alexandria, Virginia, p. 788.
- CALDERON, S. (1910). Los minerales de España. Madrid. *imp. Eduardo Arias*. T-II.
- CLARK, G. (1986). Titanium minerals. Expansions in all the continents. *Ind. Min.*, June 1986, p. 47-55.
- CLARK, G. (1987). Zircon. In demand as availability squeezed. *Ind. Min.* January 1987, p. 35-45.
- COPPENS, R. (1954). Estudio de la radioactividad de la arena de la playa de Langosteira, en Finisterre (Galicia-España). *Notas y Com. Inst. Geol. Min.*, 34, p. 3-14.
- DE GRAAF, W. P. F. H. & WOONSDREGT, G. F. (1963). Heavy mineral analysis of the beaches between Ría de Lires and Ría de Muros y Noya (Provincia La Coruña-NW Spain). *Est. Geol., Inst. L. M.* V.XIX, p. 9-14.
- DEJONG, J. D. & POORTMAN, H. H. (1970). Coastal sediments of the southeastern shores of the Ría de Arosa (Galicia-NW Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, 37, p. 147-167.
- DONNOT, M. et al., (1973). Un nouveau type de gisement d'europium: La monazite grise à europium en nodules dans les schistes paléozoïques de Bretagne. *Mineralium Deposita* (Berl.), 8, p. 7-18.
- FLOOR, P. (1968). Basement rocks of western Galicia as sources for the minerals in the Ría de Arosa. *Leidse Geologische Mededelingen*, 37, p. 69-76.
- FRANK, M. E. & WATTS-JONES, C. (1988). Titanium feedstocks future scenarios. 8 th. *Industrial Minerals, International Congress. Metal Bulletin plc.* London, p. 96-103.
- I. G. M. E. (1977). Prospección de minerales de elementos escasos. *Ins. Tecn. Geom. de Esp.* D.º 10. 589.
- I. G. M. E. (1977a). Investigación minera de las Sierras de Ancares-Caurel (Bloque Centro). *Ins. Tecn. Geom. de Esp.*, D.º 10. 590.
- I. G. M. E. (1978). Ampliación a la investigación minera de Tierras Raras en Ancares Alto Bierzo, León. *Inst. Tecn. Geom. de Esp.*, D.º 10. 594.
- I. G. M. E. (1978a). Investigación minera «Bollo-Sanabria» (Bloque Sur). *Ins. Tecn. Geom. de Esp.*, D.º 10. 592.
- I. G. M. E. (1978b). Investigación minera «Eo-Navia» (Bloque Norte). *Ins. Tecn. Geom. de Esp.*, D.º 10. 595.
- KILBOURN, B. T. (1988). The production and application of the lanthanides and yttrium. 8TH. *Ind. Min. Inter. Congress., Metal Bull.* London, April, 1988., p. 88-95.
- KOLDIJK, W. S. (1968). Bottom sediments of the Ría de Arosa (Galicia, NW Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, 37, p. 77-134.
- O'DRISCOLL, M. (1988). Rare Earths, Enter the Dragon. *Ind. Min.* Nov. 1988, p. 21-55.
- PARDILLO, F. & SORIANO, V. (1929). Hallazgo de la monacita en las arenas de la Ría de Vigo. *Asoc. Esp. Prog. Cienc.*, Con. Barc., T. IV, p. 141.
- PARGA PONDAL, I. (1935). Arena monacítica de la Ría de Arosa (Galicia). *An. Soc. Esp. Fís. Quím.*, 33, p. 466-469. Madrid.
- PARGA PONDAL, I. (1935a). Sobre la presencia de arenas monacíticas en las costas gallegas. *Bol. Ac. Cienc. Exac. Fís. y Nat.*, Año I, n.º 2, p. 16-18. Madrid.
- PARGA PONDAL, I. & PEREZ MATEOS, J. (1952). Estudio de los minerales accesorios de las rocas alteradas. I. El granito caolinizado de Lage. *Not. y Com. de Inst. Tecn. Geom. Esp.*, 27, p. 119-149. Madrid.
- PARGA PONDAL, I. & PEREZ MATEOS, J. (1954). Los arenales costeros de Galicia I. La Ría de Laxe. *An. Edaf. y Fís. Veg.*, p. 483-513.
- PARGA PONDAL, I. & PEREZ MATEOS, J. (1956). Los arenales costeros de Galicia II. La costa de Finisterre. *An. Edaf. y Fís. Veg.*, p. 501-550.
- PEREZ MATEOS, J. (1965). Contribución al estudio de los arenales de Galicia III. La Costa norte de Carballo. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, p. 63-69.
- PEREZ MATEOS, J. & CARABALLO, L. F. (1969). Mineralogía de los arenales costeros de la ría de Ceceira (Galicia). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 67, p. 97-109.
- PEREZ MATEOS, J. & CARABALLO, L. F. (1969a). La mineralogía de los arenales de la Ría de Ortigueira. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 67, p. 273-286.
- PEREZ MATEOS, J. & CARABALLO, L. F. (1970). La Costa N. W. de Galicia; mineralogía de sus arenales. *Bol. Geol. y Minero.* T. LXXXI, II, III., p. 169-173.

- ROBJOHNS, (1987). Rare Earths. *Mining Annual Review*, 1987, p. 89.
- RODRIGUEZ BALTAR, C. (1966). Beneficiación de minerales densos de las playas de Galicia: Nuevas Técnicas y dispositivos. *Leidse Geologische Mededelingen*, Deel 36, p. 305-318.
- SAINZ-AMOR, E. & AMOROS, J. L. (1962). Composición mineralógica de las arenas de la Ría de Vigo. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Geol.*, 52, p. 28-51.
- VIDAL VALDES DE MIRANDA, A. (1983). Dispositivos «Baltar» para el aprovechamiento de yacimientos minerales. *Techniterraes n.º 52*, p. 28-51.