

TIERRAS RARAS

¿Qué son?

Las tierras raras (TR) son un grupo de 17 elementos químicos ubicados en la tabla periódica que incluyen los 15 lantánidos

Lantano	Cerio	Praseodimio	Neodimio	Prometio
Samario	Europio	Gadolinio	Terbio	Disproseo
Holmio	Erbio	Tulio	Yterbio	Lutecio

más el **Escandio** y el **Ytrio**. Se trata de metales que ocupan una posición central en la tabla, y que suelen aparecer juntos en las menas de distintos depósitos minerales.

Las TR poseen propiedades térmicas, ópticas, electrónicas y magnéticas excepcionales, lo que las hace esenciales para diversas aplicaciones tecnológicas, entre ellas algunas de las nuevas tecnologías.

A pesar de su nombre, las TR no son especialmente raras en la corteza terrestre (alguna es más abundante que el cobre, todas son más abundantes que la plata). De hecho, aparecen como impurezas en muchas menas minerales. Pero suelen encontrarse en concentraciones bajas y están dispersas, lo que dificulta su extracción. Por otra parte, todas las TR son metales con un aspecto blanco plateado brillante, y resultan químicamente muy parecidos, lo que complica enormemente su separación.

La imagen muestra una tabla periódica de los elementos químicos. Los elementos de las tierras raras están resaltados en rojo: el Escandio (Sc, número atómico 21), el Ytrio (Y, número atómico 39) y los lantánidos (elementos 57-71). Los lantánidos se muestran en una fila separada debajo de la tabla principal. El número atómico de cada elemento está escrito en un pequeño recuadro en la esquina superior izquierda de cada casilla.

Sistema periódico de los elementos químicos. Las TR están constituidas por los así llamados elementos lantánidos, del 57 al 71, así como el escandio (21, Sc) y el Ytrio (39, Y). Todos se muestran coloreados en la figura. El Sc y los lantánidos de menor número atómico (57-65) se conocen como TR ligeras mientras que el Y y los elementos 66-71 se conocen como TR pesadas.

Las TR fueron descubriéndose paulatinamente en el siglo XIX. El mayor esfuerzo fue conseguir separar unas de otras, porque al principio se obtenían mezclas de varias. Pronto surgieron aplicaciones que aprovechaban sus propiedades emisivas para aumentar la emisión luminosa en las luces de queroseno. Para 1935 se habían vendido miles de millones de pequeñas mechas que realzaban el brillo, pero resultaban difíciles de encender. Entonces se desarrolló una aleación de hierro y cerio, llamada ferrocerio, que soltaba chispas al frotarla con un raspador. Se acababa de inventar la piedra de mechero, la primera aplicación de una tierra rara.

Baterías e imanes

No todas las TR tienen igual importancia tecnológica. Las dos áreas que necesitan mayores cantidades de TR son las baterías y los dispositivos magnéticos. En lo que respecta a las baterías, actualmente se emplean fundamentalmente en la fabricación de coches eléctricos e híbridos, pero se desearía disponer de baterías eficientes para servir de soporte a energías renovables como la eólica y la solar. El desarrollo de estas energías está constreñido por la falta de un buen sistema de almacenamiento que evite riesgos de oscilaciones bruscas en la generación.

El ciudadano medio no se percata de la vital importancia de las baterías. El desarrollo de baterías novedosas, capaces de almacenar gran cantidad de energía, soportar ciclos de carga y descarga rápidos, y generar altas corrientes a demanda es un problema que aún no está resuelto pese al enorme esfuerzo tecnológico y económico de las últimas décadas. Resulta muy ilustrativo pensar que para el motor de arranque de los automóviles de gasolina se sigan empleando ¡baterías de plomo!, una tecnología con 150 años de antigüedad.

Es difícil de creer, pero aún no se ha encontrado ninguna otra tecnología capaz de “poner 400 amperios en fila”, que es lo que necesita un motor de arranque, sin que el dispositivo tenga el tamaño de una lavadora (esto es un poco exagerado, pero esa es la idea. Por no hablar de los precios.)

Las TR están contribuyendo a crear baterías de litio cada vez más eficientes y fiables, que han permitido la comercialización de automóviles eléctricos –aún limitados por la

lentitud de carga– y que acabarán siendo el necesario respaldo de las energías renovables en el hogar y la industria.

En cuanto a los dispositivos magnéticos, algunas TR poseen propiedades extraordinarias como imanes permanentes de gran potencia. Los imanes de neodimio resultan imprescindibles en turbinas eólicas y en motores eléctricos de todo tipo. Por su parte, los imanes de samario-cobalto son capaces de mantener sus propiedades magnéticas a muy altas temperaturas, lo que permite fabricar radares más potentes.

TR MÁS RELEVANTES

Entre los 17 elementos mencionados, algunos destacan por su relevancia tecnológica y económica:

- **Neodimio (Nd)**: Como ya se ha mencionado, es ampliamente utilizado en la fabricación de imanes permanentes de alta resistencia, esenciales para motores eléctricos y turbinas eólicas. Además, se utiliza para fabricar uno de los láseres de estado sólido más importantes, el láser de neodimio/granate de ytrio y aluminio conocido como Nd:YAG. Este láser tiene un gran número de aplicaciones como herramienta de corte y soldadura metálica, en medicina y en montajes ópticos interferométricos para medidas de precisión.
- **Praseodimio (Pr)**: Usado en aleaciones de imanes y en la producción de baterías recargables. Se usa además en aleaciones con magnesio para crear metales de alta resistencia para aviación, en arcos eléctricos para iluminación de estudios y en el vidrio de didimio, que se emplea en gafas de soldadura.
- **Disprosio (Dy)**: Añadido a imanes de neodimio para mejorar su tolerancia a altas temperaturas en turbinas y vehículos eléctricos. También se utiliza en centrales nucleares, almacenamiento de datos y láseres.
- **Terbio (Tb)**: Empleado en dispositivos electrónicos y de iluminación como LEDs y pantallas de televisión, donde forma parte de los fósforos verdes. Además, se encuentra en actuadores y sistemas s3nar.
- **Europio (Eu)**: Al igual que el terbio, se utiliza en la industria de la iluminación para lámparas fluorescentes (color rojo) y en pantallas de televisión y ordenadores. Como curiosidad, aparece asimismo integrado en los billetes de euro como elemento antifraude.

El valor económico de las TR radica en su uso indispensable en una amplia gama de tecnologías avanzadas. Desde los motores eléctricos de vehículos híbridos y eléctricos, hasta las turbinas eólicas, pasando por los teléfonos móviles y los sistemas de defensa, estos elementos tienen un papel crucial en la economía moderna. Los más importantes, ya recogidos arriba, se citan a continuación

- **Electrónica de Consumo**: Teléfonos móviles, ordenadores portátiles, guitarras eléctricas, discos duros y otros dispositivos electrónicos incluyen numerosos componentes con TR. La recuperación de estas TR es una de las razones por la que se reciclan los dispositivos electrónicos.
- **Energías Renovables**: Las turbinas eólicas y los vehículos eléctricos utilizan imanes de TR en sus motores y generadores.
- **Industria Automotriz**: Se emplean en catalizadores para reducir las emisiones de gases y en la fabricación de baterías de alta capacidad.
- **Defensa**: Se encuentran en equipos militares como radares, sistemas de guía de misiles y dispositivos de comunicación avanzados.
- **Iluminación**: Las TR son esenciales en la producción de tecnologías de iluminación eficientes como LED y lámparas fluorescentes.

Mercado

El mercado anual de TR ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, impulsado por la demanda de dispositivos electrónicos y tecnologías limpias. Según estimaciones recientes, el mercado global de TR ha alcanzado un valor de aproximadamente 8 mil millones de dólares anuales. Se espera que este mercado continúe creciendo en los próximos años, con una tasa de crecimiento del 10%, a medida que la transición hacia fuentes de energías renovables y la adopción de tecnologías inteligentes se aceleran.

Como ejemplo, un Toyota Prius puede contener hasta 10-15 kg de lantano (La), alrededor de 1 kg de neodimio (Nd) en las baterías, junto con pequeñas cantidades de disprosio (Dy) y terbio (Tb) para estabilizar las propiedades magnéticas del neodimio. Es algo irónico que las TR se apliquen a tecnologías limpias y “verdes” cuando su proceso de fabricación, hasta el momento, es bastante contaminante.

China domina este mercado, produciendo cerca del 80% de las tierras raras del mundo y controlando gran parte del procesamiento. Esta posición le da a China un poder significativo en la cadena de suministro global, lo que ha llevado a otras naciones a buscar diversificar sus fuentes de estos elementos críticos y a invertir en investigación y desarrollo para mejorar la eficiencia de la extracción y el reciclaje de tierras raras. En la actual guerra de aranceles con USA, China emplea las TR como amenaza para los que atentan contra sus intereses.

José M. Otón,

Dpto. Tecnología Fotónica y Bioingeniería,

ETS de Ingenieros de Telecomunicación;

Universidad Politécnica de Madrid

28040 Madrid