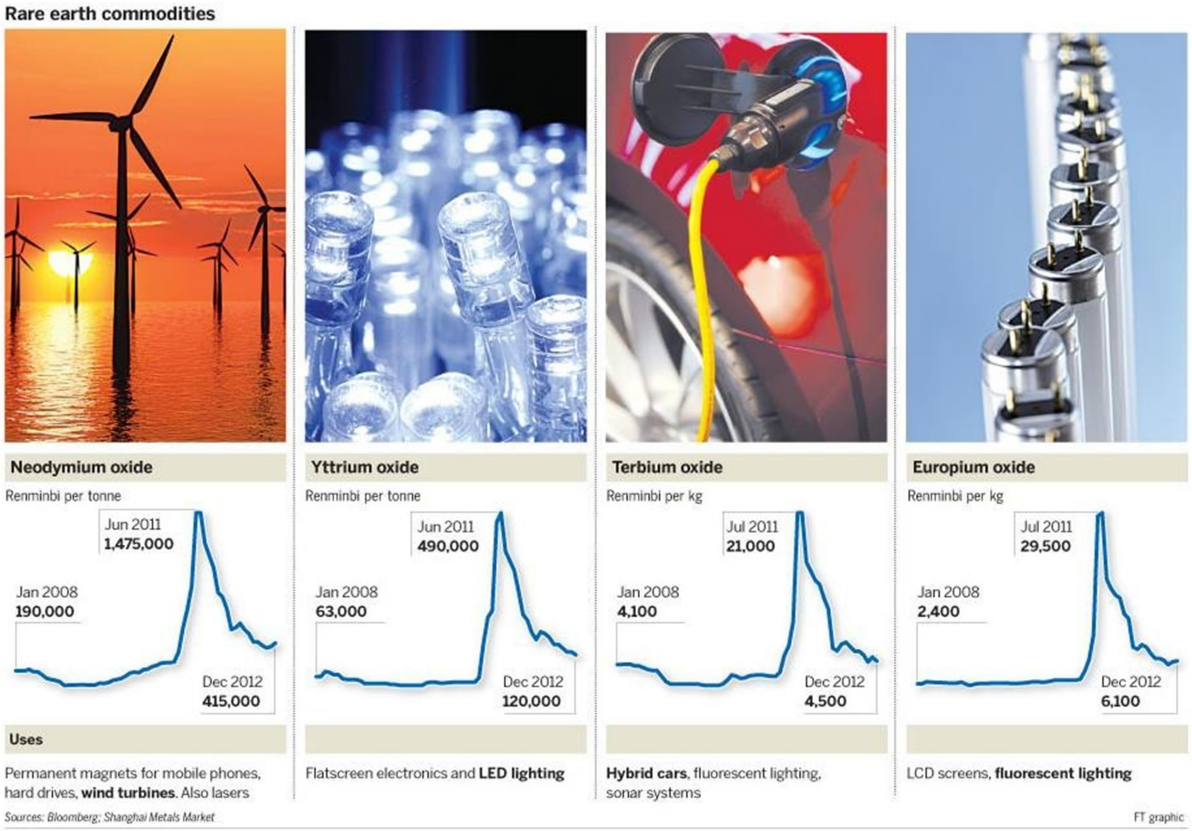
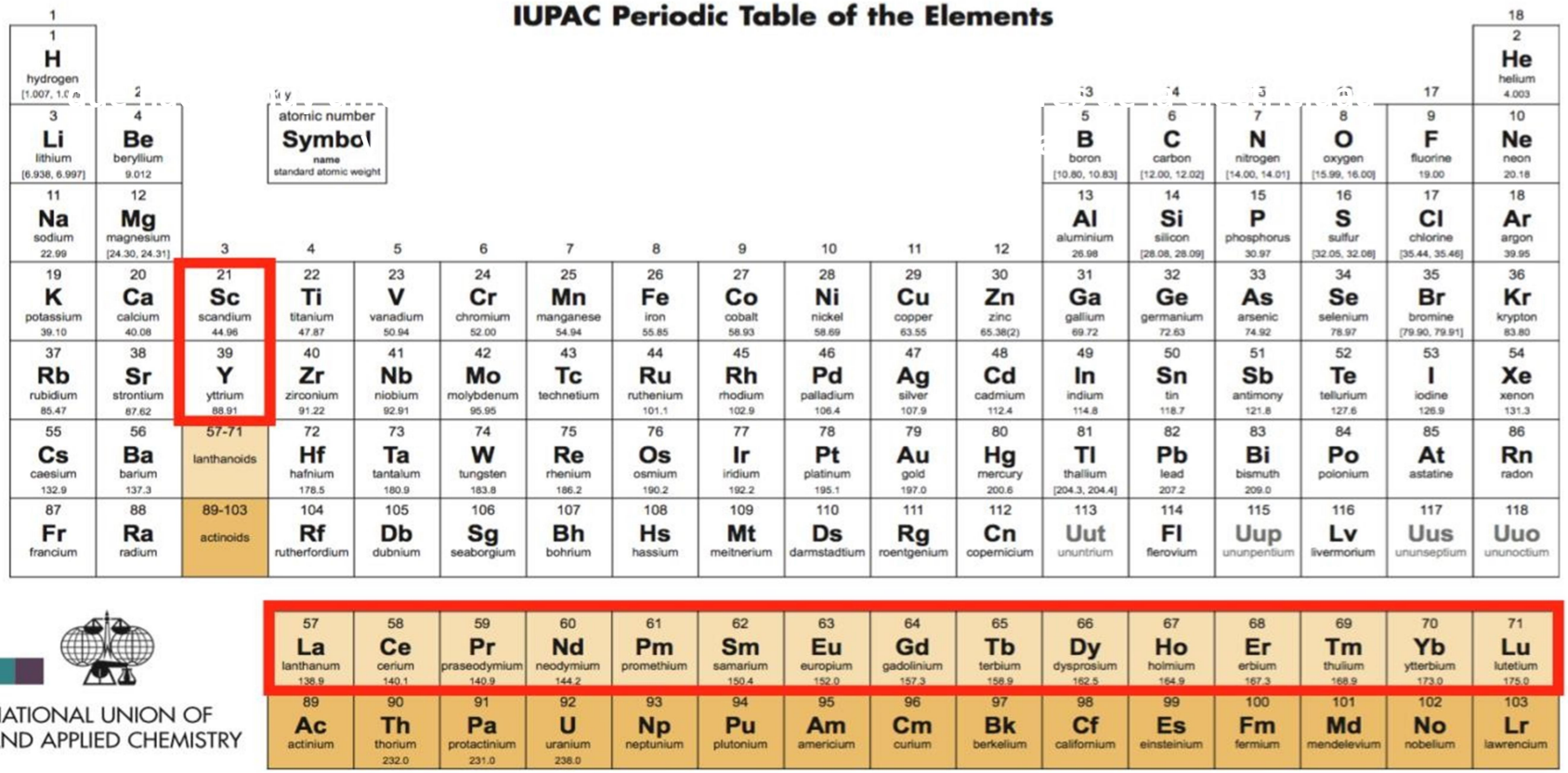


EL MUNDO ECONÓMICO DE LAS TIERRAS RARAS

QUANTUM MINERIA

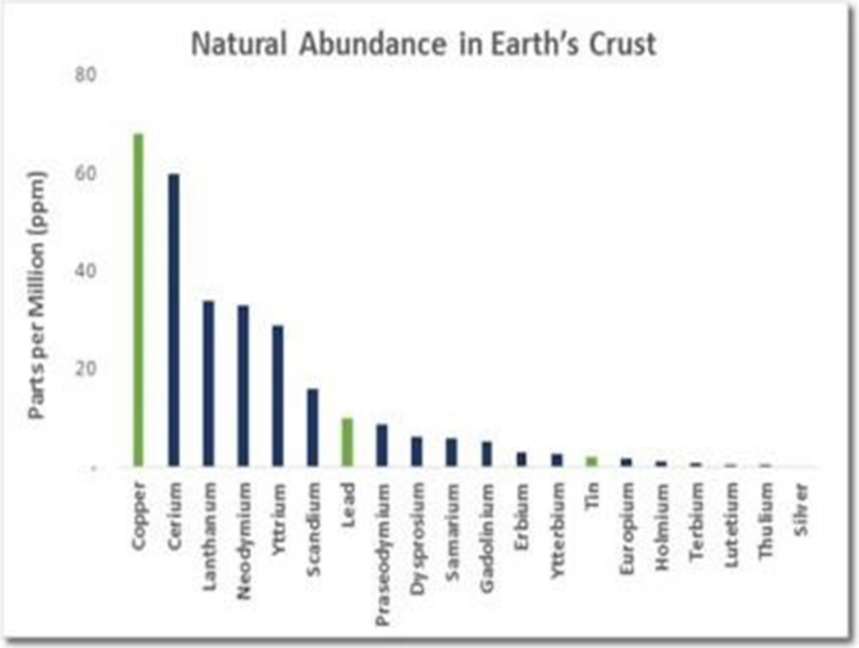
Mayo 2017

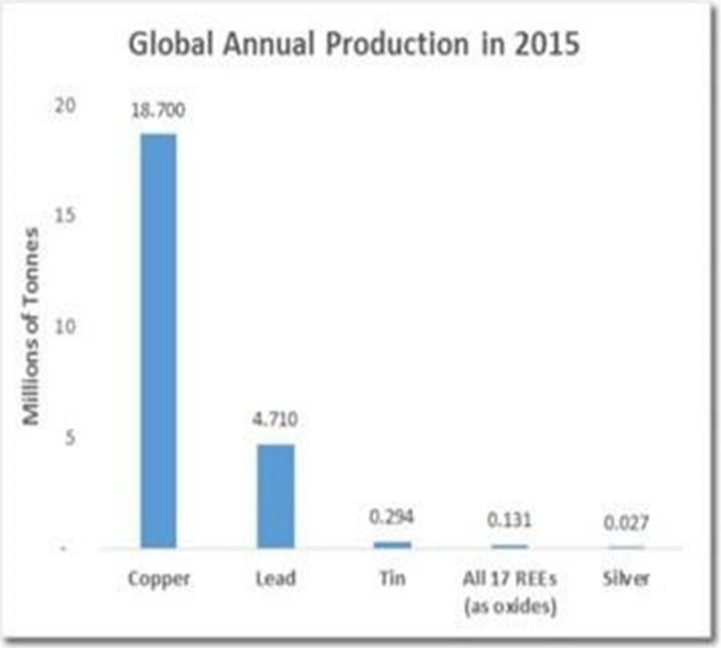
¿Qué son las Tierras Raras (REEs)?



Abundancia de REEs

- Son abundantes y se encuentran muy dispersas en la mayoría de las rocas
- Poseen propiedades físico-químicas que inhiben su concentración en la mayoría de los ambientes geológicos
- Raramente se presentan concentrados formando yacimientos con recuperaciones viables





Menas de tierras raras

Bastnasita: Carbonato de REE - 75% REE
Monacita: Fosfato de REE - 65% REE (Th y U)

Xenotima: Fosfato de Ytrio - 60% REE

Allanita: Silicato de REE - 38% REE

Tipos de yacimientos principales

Los depósitos de tierras raras están asociados a diferentes procesos geológicos y se encuentran principalmente en:

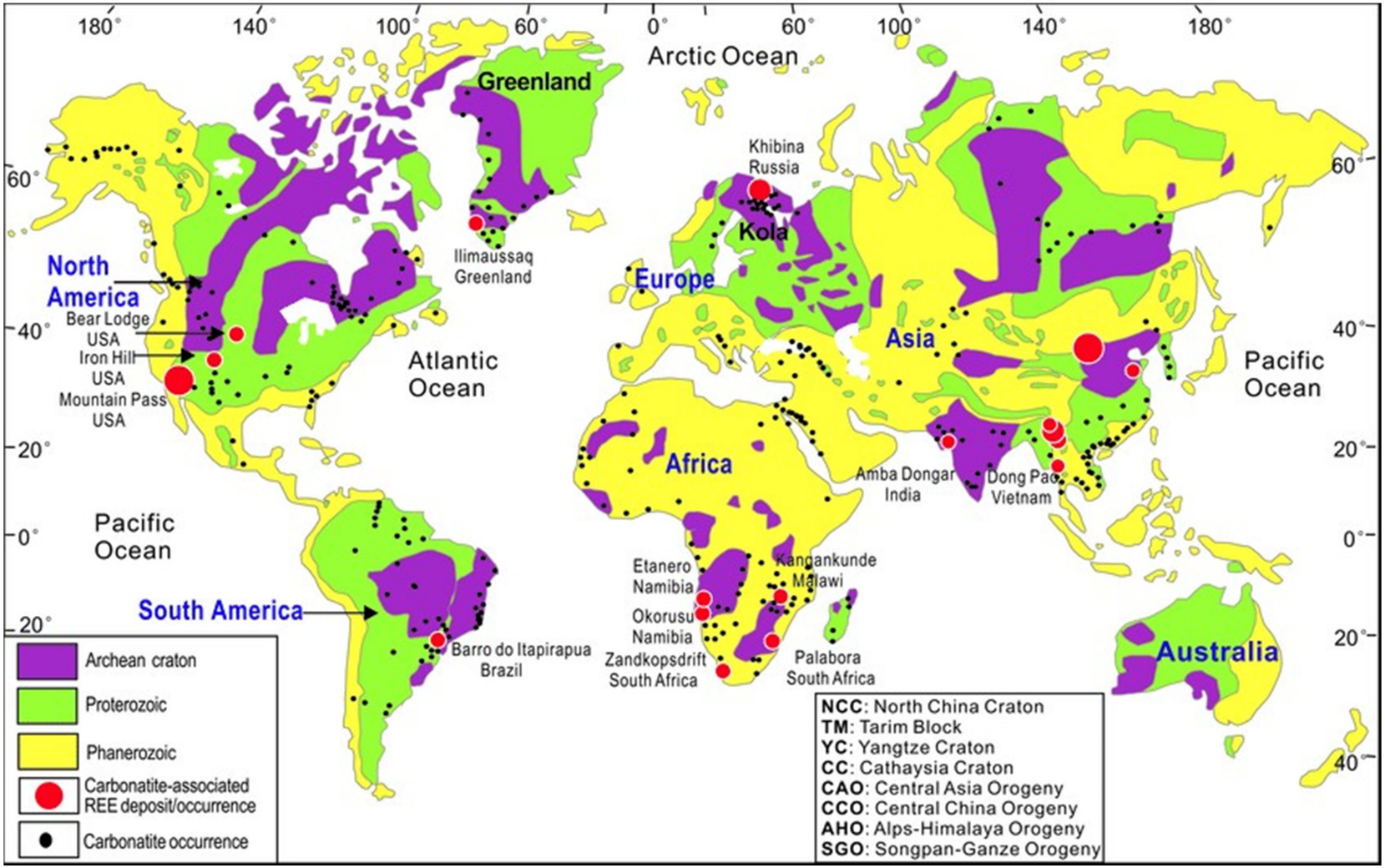
Primarios

- **Carbonatitas**: Mountain Pass (EEUU), Bayan Obo (CHI) - Bastnasita
- **Rocas ígneas peralcalinas**: Lovozero (RUS), Thor Lake (CAN) - Allanita, Eudialita
- **Hidrotermales / pegmatitas:** Steenkampskraal (SAF) - Monacita

Secundarios:

- **Lateritas:** Alteración de r. igneas, Mount Weld (AUT) - Bastnasita
- **Arcillas de adsorción iónica:** Longnan, Xunwu (CHI)
- **Placeres costeros:** Australia, India, Brasil (subproducto Ti, Zr) - Monacita
- **Placeres aluviales:** Mulas (ESP), Monacita Gris, Charlie Creek (AUS), Xenotima

Carbonatitas y yacimientos de REE



Aplicaciones

Rare Earth – Key Applications

Magnetics

Nd | Tb, Dy | Pr

Computer Hard Drives
Disk Drive Motors
Anti-Lock Brakes
Automotive Parts
Frictionless Bearings
Magnetic Refrigeration
Microwave Power Tubes
Power Generation
Microphones & Speakers
Communication Systems
MRI

Phosphors

Nd, Eu, Tb, Y | Er, Gd | Ce, Pr

Display phosphors - CRT, LPD, LCD
Fluorescent Lighting
Medical Imaging
Lasers
Fibre Optics

Metal Alloys

Nd, Y | La, Ce, Pr

NimH Batteries
Fuel Cells
Steel
Super Alloys
Aluminium / Magnesium

Catalysts

Nd | La, Ce, Pr

Petroleum Refining
Catalytic Converter
Fuel Additives
Chemical Processing
Air Pollution Controls

Ceramics

Nd, Y, Eu | Gd, Lu, Dy | La, Ce, Pr

Capacitors
Sensors
Colorants
Scintillators
Refractories

Glass & Polishing

Nd | Gd, Er, Ho | La, Ce, Pr

Polishing Compounds
Pigments & Coatings
UV Resistant Glass
Photo-Optical Glass
X-Ray Imaging

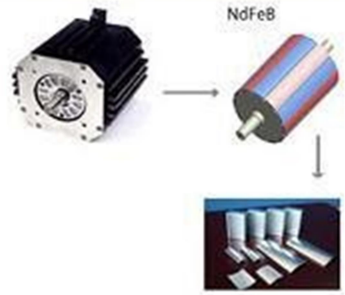
Defense

Nd, Eu, Tb, Dy, Y | Lu, Sm | Pr, La

Satellite Communications
Guidance Systems
Aircraft Structures
Fly-by-Wire
Smart Missiles

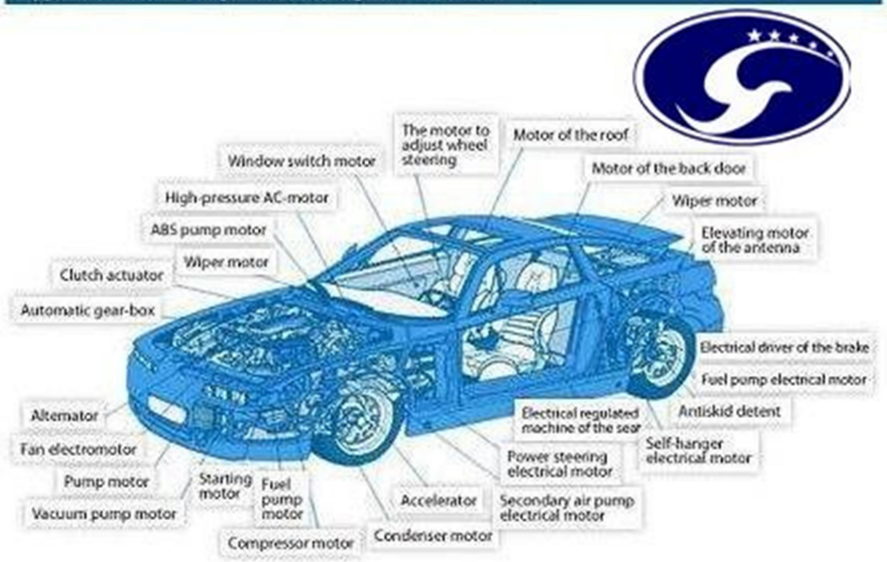
CREOs
HREOs
LREOs

Industrial motor



Mobile phone

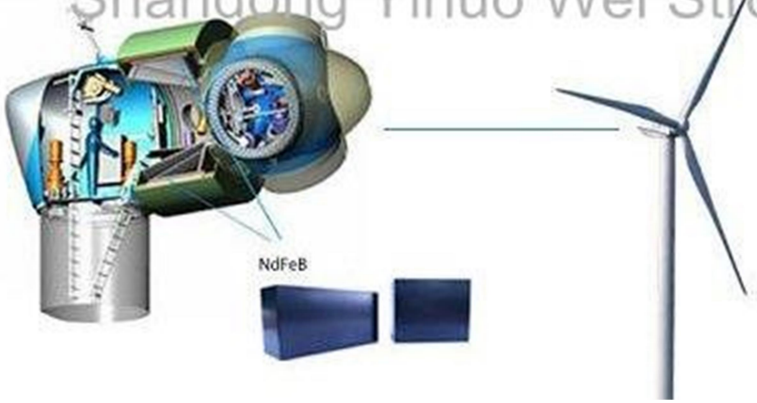
Applications of NdFeB permanent-magnets to automobile



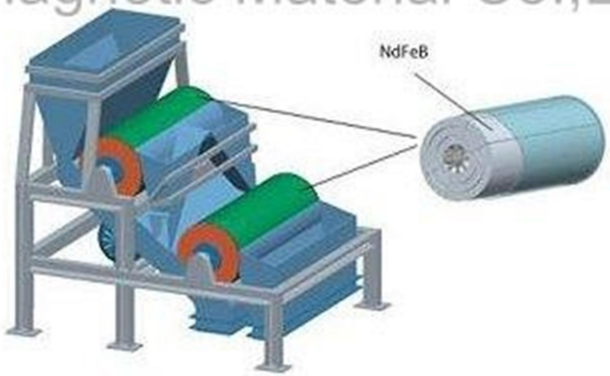
VCM

MRI (Magnetic resonance imager)

Wind power generator



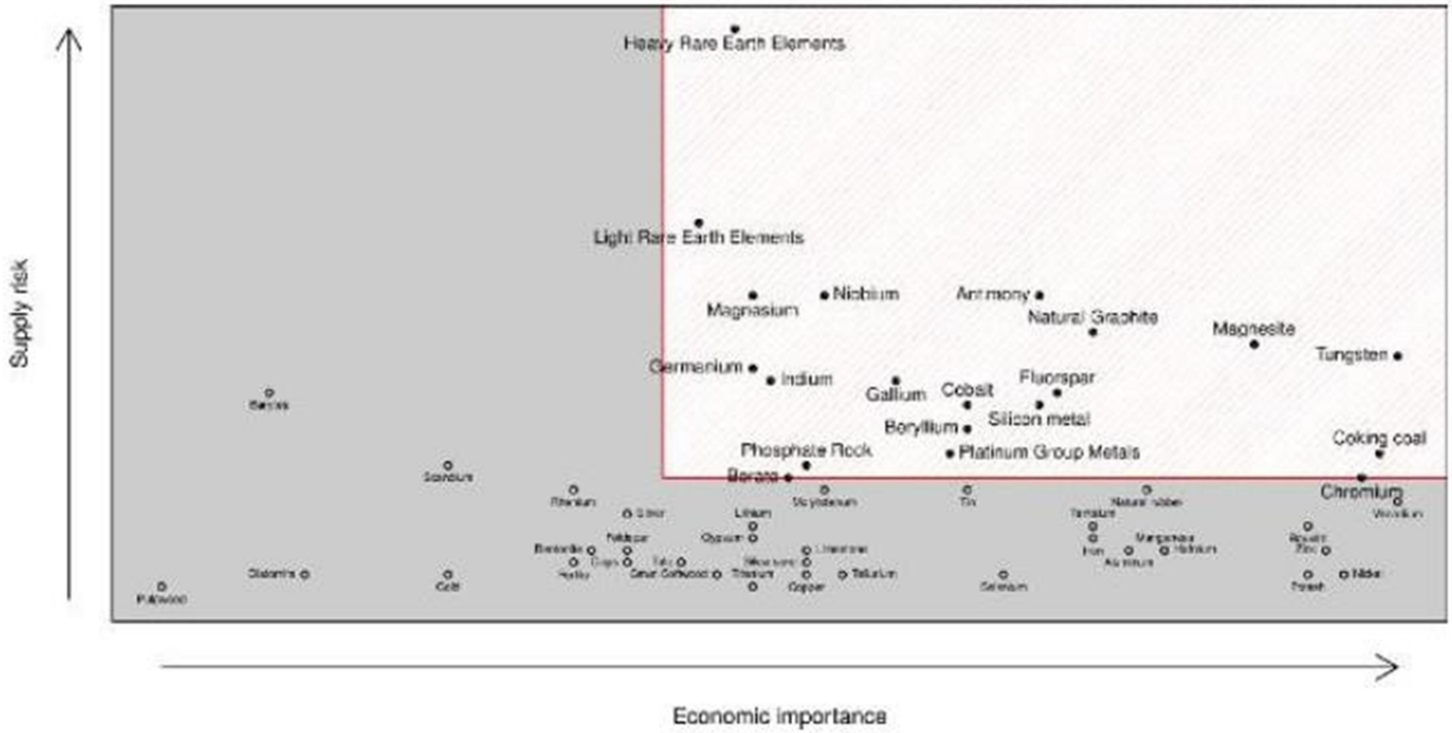
Magnetic separator



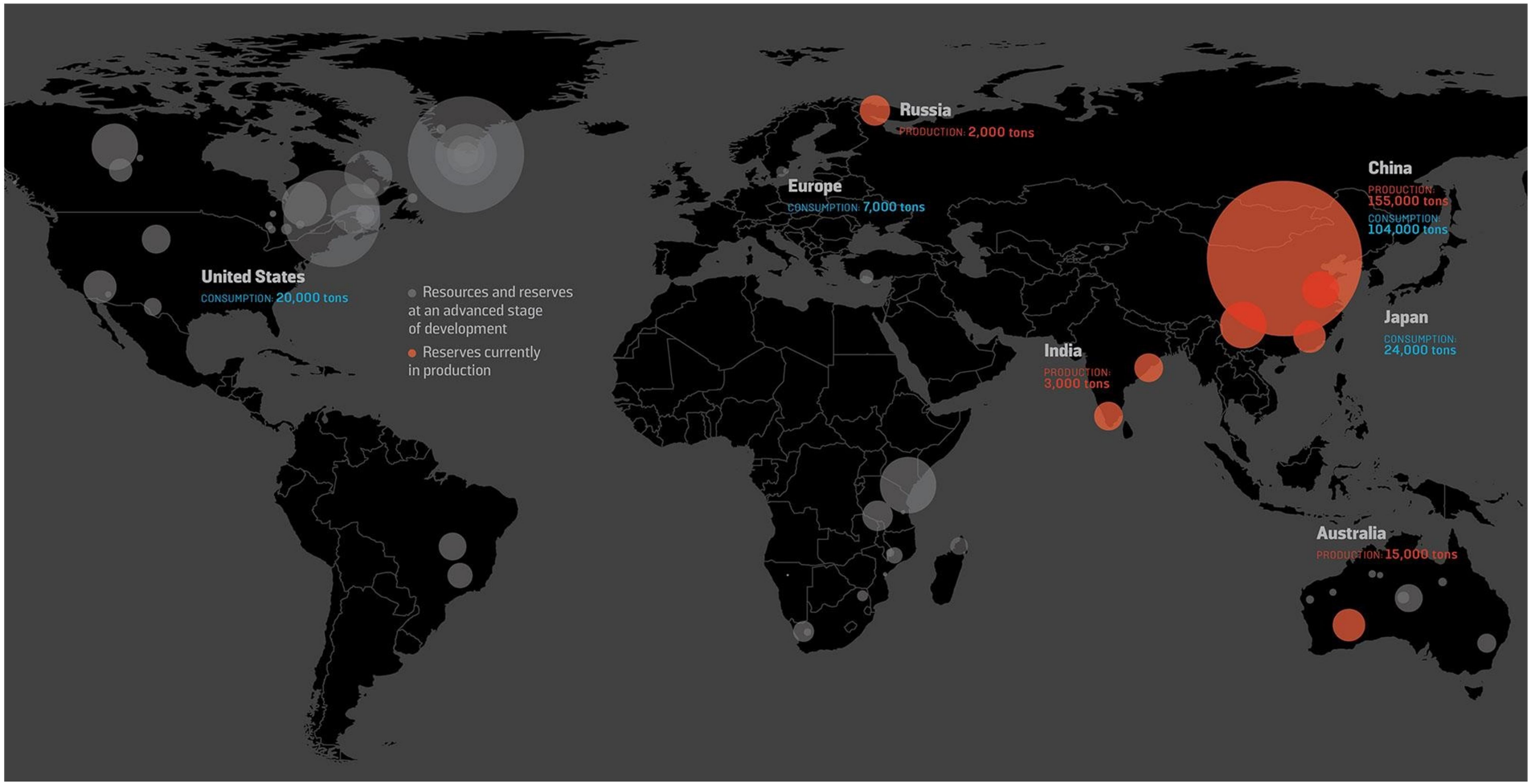
Shandong Yinuo Wei Strong Magnetic Material Co.,Ltd

La Unión Europea y las tierras raras

- La Unión Europea ha establecido medidas y políticas para hacer frente a la dependencia de estas tierras
- La Comisión de la Unión Europea clasifica a las tierras raras como metales estratégicos, cuyo suministro está en riesgo



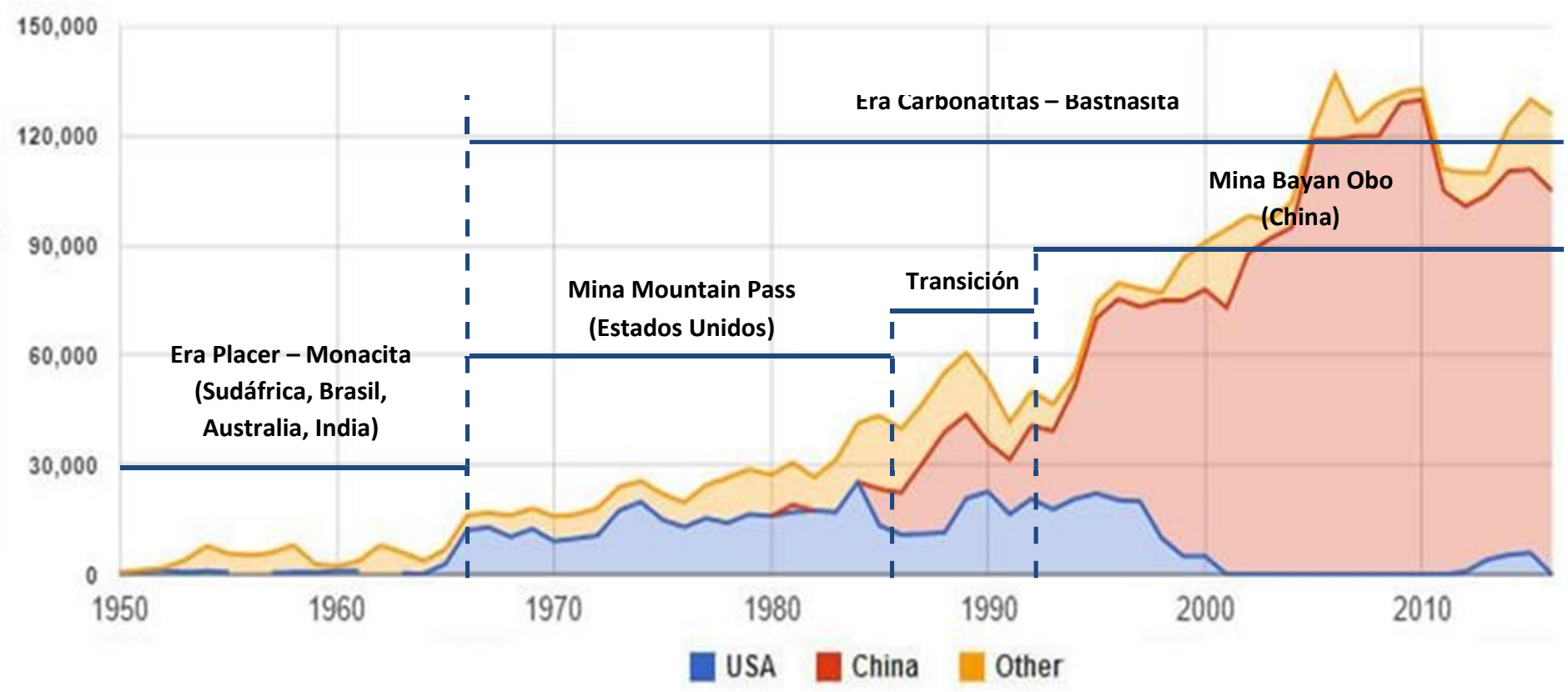
Consumo, producción y reservas mundiales



Consumo: China 104.000 t
Japón 24.000 t
EEUU 20.000 t
UE 7.000 t

Producción: China 130.000 t
Australia 15.000 t
India 3.000 t
Rusia 2.000 t

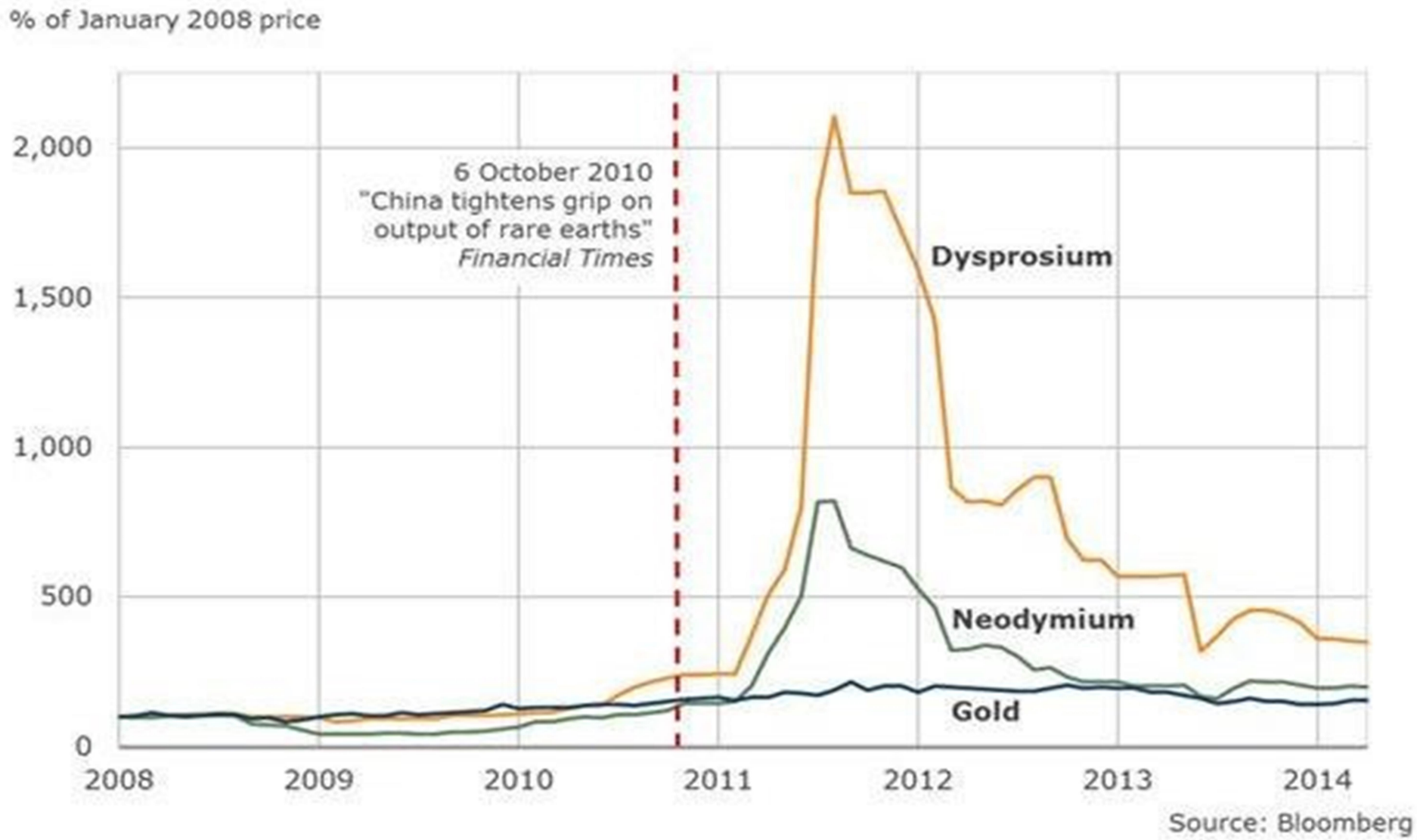
Evolución de la producción mundial



Cotización

- Las tierras raras no son negociadas en mercados abiertos al igual que otros metales tales como el oro, plata, cobre, zinc o aluminio.
- Las operaciones de copra/venta de estos elementos se efectúan generalmente a través de operaciones privadas, lo cual dificulta conocer sus precios.
- Otra complejidad adicional estriba en que las tierras raras son negociadas con diferentes niveles de pureza, lo cual implica que un mismo elemento puede dar cuenta de diferentes precios.
- En general estos metales son vendidos como óxidos de tierras raras (REOs). Es por ello que las fuentes de información de precios son revistas o suscripciones especializadas como Argus o Asian Metal que publican valores de las tierras raras periódicamente de los precios sobre la base de encuestas a dealers, consumidores, productores y otros participantes del mercado.

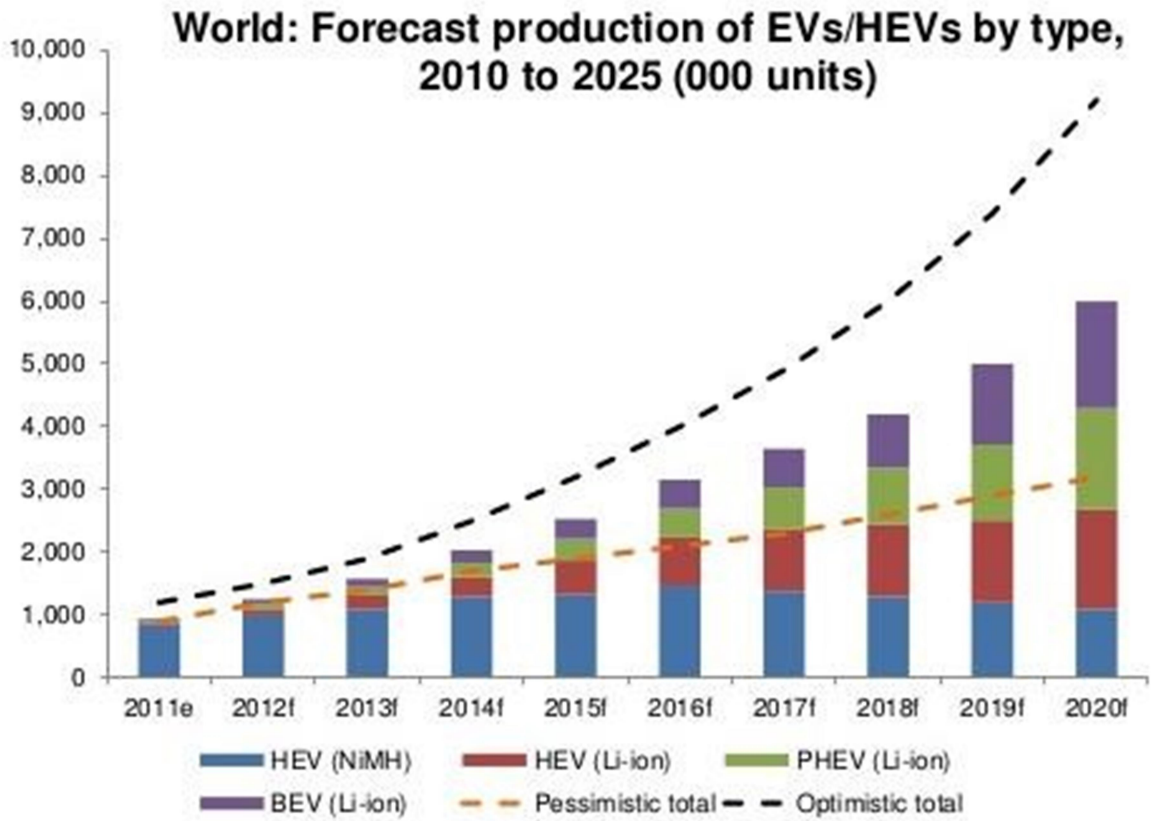
Variación de precios



Evolución del REMX ETF

Fuente: ETF.com

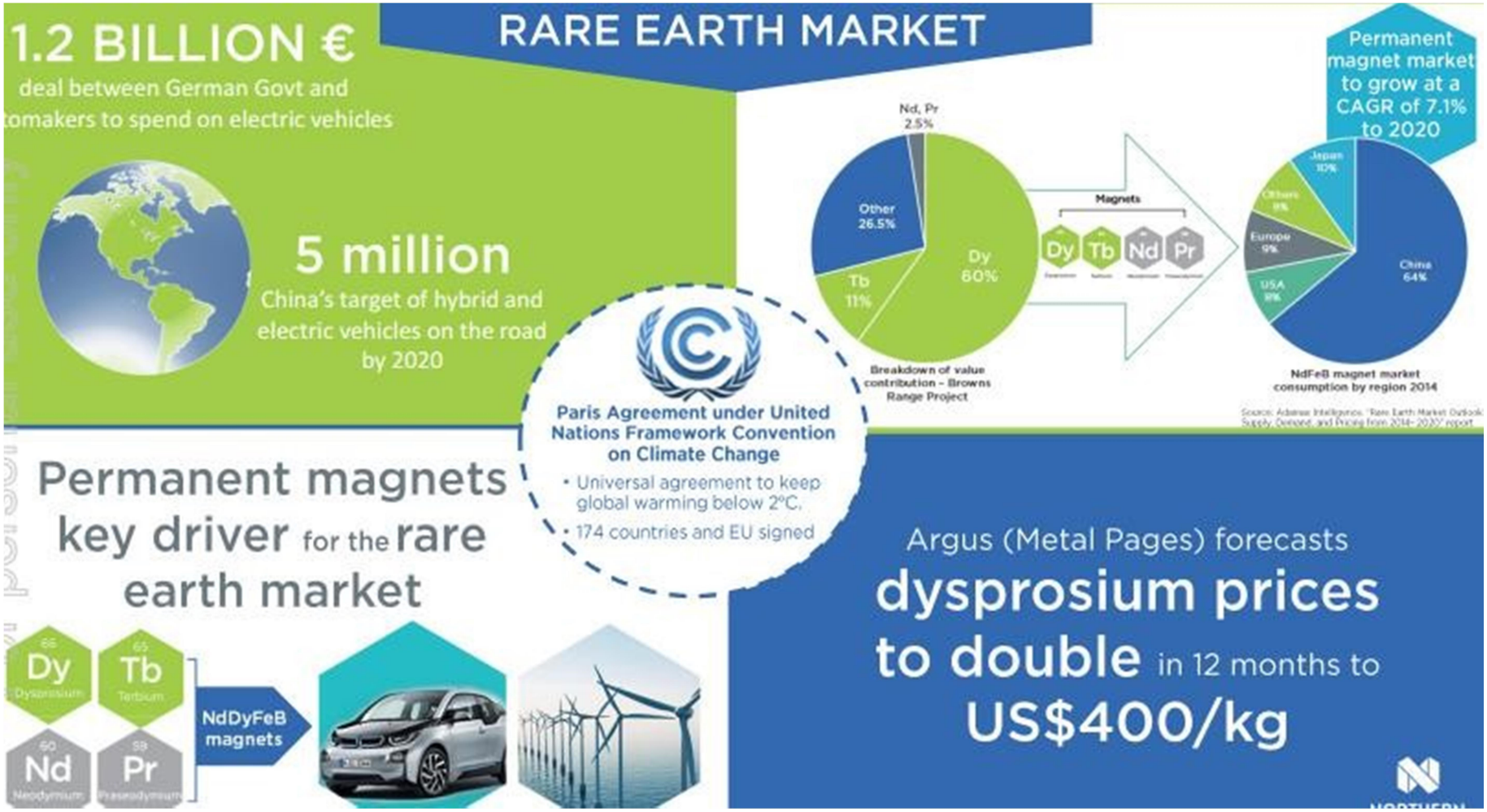
Previsión producción de EV/HEVs



- Production of EVs/HEVs could reach 3.2-9.2 million by 2020
- In particular, HEV motor systems often rely on NdFeB magnets
- Toyota and others are looking at induction motor as an alternative, if the price of Nd becomes unsustainable

Source: Roskill estimates

Mercado de las tierras raras



Basket Price REOs 2015

Escenario de precios durante el primer trimestre de 2015					
TREO	Precio ($/kg)	Mulas (%)	Mountain Pass (%)	Bayan Obo (%)	Xun Wu (%)
La_2O_3	5,3	17,5	33,2	25,0	36,0
CeO_2	4,3	45,1	49,1	50,0	5,0
Pr_6O_{11}	118,0	5,9	4,3	4,0	9,0
Nd_2O_3	64,0	22,7	12,0	17,0	30,0
Sm_2O_3	4,1	4,5	0,8	1,5	5,0
Eu_2O_3	700,0	0,8	0,1	0,2	0,5
Gd_2O_3	132,5	2,1	0,2	0,4	4,0
Tb_4O_7	600,0	0,2	0,0	0,1	1,0
Dy2O3	310,0	0,4	0,0	0,1	1,5
Er_2O_3	160,0	0,0	0,2	0,1	2,0
Y_2O_3	13,0	0,6	0,1	0,3	10,0
Basket Price ($/kg)		**36**	**18**	**22**	**56**

- La distribución en contenido de cada uno de los REOs varía de un yacimiento a otro
- El Valor de cada uno de los REOs es muy diferente (Ce 4$/kg , Nd 64$/kg, Tb 600$/kg)
- El valor del producto vendible (Basket Price) puede ser muy distinto

Tierras raras livianas	
La	24,9%
Ce	43,2%
Pr	4,6%
Nd	16,2%
Sm	2,2%

Tierras raras pesadas			
Eu	0,3%	Er	0,5%
Gd	1,4%	Tm	0,1%
Tb	0,2%	Yb	0,4%
Dy	0,9%	Lu	0,1%
Ho	0,2%	Y	4,9%

Fuente: Comisión Europea

Comparación entre proyectos

Proyecto	Empresa	País	Yacimiento Tipo	REE Mineral	Recursos (Mt)	Ley (wt. %)	Cut-Off (wt. %)	ThO_2 (ppm)	U_3O_8 (ppm)
Mulas	Quantum Minería	España	Placer	Mon	22,5	0,12%	0,075%	4	negligible
Ashram	Commerce Resources	Canada	Carbonatita	Mon, Bast, Xen	249,1	1,93%	1,25%	358	negligible
Ngualla	Peak Resources	Tanzania	Carbonatita alterada	Bast, Mon	214,4	2,15%	1,00%	58	17
Nolans Bore	Arafura Resources	Australia	Granito-gneis	Mon, All, Cran, Bast	47,3	2,57%	1,00%	791-6.680	900 - 7.601
Songwe Hill	Mkango Resources	Malawi	Carbonatita	Syn, Apa	31,8	1,48%	1,00%	393	14
Steenkampskraal	Thorium Foundation	South Africa	Igneo-associated	Mon, Apa, All	0,7	13,99%	1,00%	18.807	416
Zandkopsdrift	Frontier Rare Earths	South Africa	Carbonatita	Mon.	46,8	1,89%	1,00%	256	77

Fuente: Adamas Intelligence 2016

- Leyes entre 0,12% (Mulas) y 14% (Steenkampskraal)
- Concentraciones de ThO_2 y U_3O_8 notablemente variables y suponen elevados de costos asociados a la eliminación de este tipo de residuos.

Parámetros de los proyectos mineros

Proyecto	Vida de la mina (años)	RoM (t/año)	Ley (wt.%)	Recup. Trtamiento	Recup. Hidromet	Recup. Total	TREO anual (t/año)
Mulas	10	1.890.000	0,12%	80,0%	91,3%	**68,5%**	**1.605**
Ashram	25	1.400.000	1,81%	70,0%	95,0%	**66,5%**	**16.851**
Ngualla	31	592.903	4,89%	86,0%	27,2%	**23,2%**	**6.720**
Nolans Bore	22	1.090.909	2.80%	80,0%	n/a	**59,4%**	**18.156**
Songwe Hill	18	471.256	1,61%	67,0%	52,9%	**35,4%**	**2.682**
Steenkampskraal	14	65.605	13,99%	85,3%	33,0%	**28,1%**	**1.418**
Zandkopsdrift	45	956.044	1,90%	n/a	71,2%	**68,4%**	**12.425**

Fuente: Adamas Intelligence 2016

Comparación de costes de separación y refino

Project	Mining ($/kg TREO)	Beneficiation ($/kg TREO)	Hydrom.gy ($/kg TREO)	Sepa-ration ($/kg TREO)	Other ($/kg TREO)	Total Cost ($/kg TREO)	Final Saleable Product(s)
Mulas	$4,06	$3,34	$2,5	$6,35		$16,25	Separated REOs
Ashram	$0,52	$1,98	$1,45		$3,88	$7,83	Mixed REE Carb
Ngualla	$1,00	$5,22	$2,65	$2,47	$3,08	$14,42	NdPr Oxide, LaCe Carb, SmEuGd + HREE Carb (**Ce depleted basket)**
Nolans Bore	$2,04	$1,44	$6,06	$1,38	$1,19	$12,11	La, Ce, NdPr Oxides, SmEuGd Conc, HREE Conc, Ce Carb
Songwe Hill	$4,10	$3,70	$7,10		$1,50	$16,40	Mixed REE Hydroxide **(Ce depleted basket)**
Steenkampskraal	$4,08	$6,35	$16,23		$1,91	$22,22	Mixed LREE Carb, Mixed HREE Carb **(La and Ce depleted basket)**
Zandkopsdrift	$0,50	$4,12	$5,67	$2,89	$1,18	$14,36	La - Dy Oxides, Y Oxide, Mixed Ho - Lu Conc

Fuente: Adamas Intelligence 2016

Planta de separación

Cracking

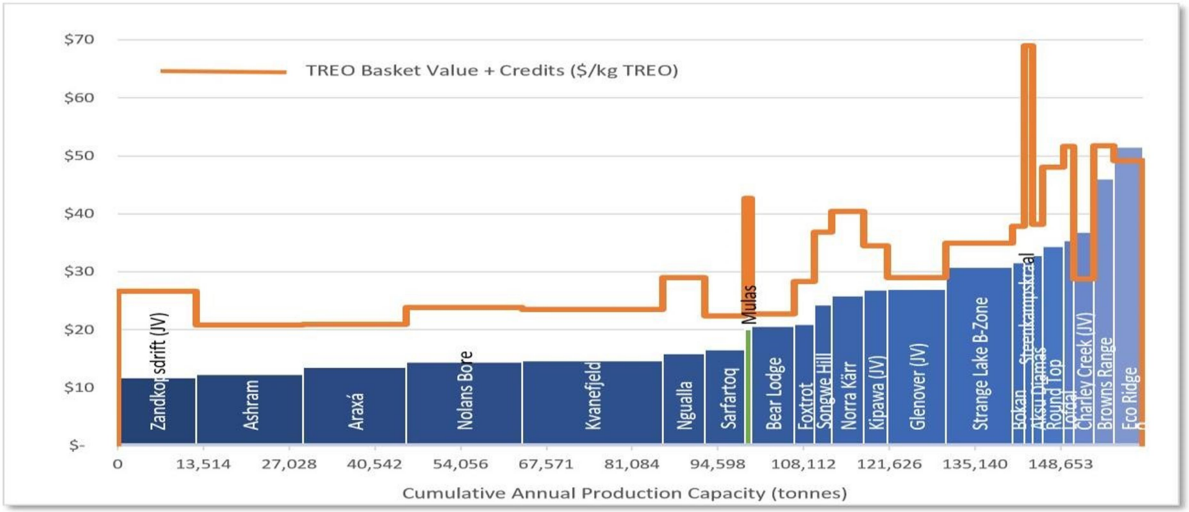
Extracción con solventes

Producto final

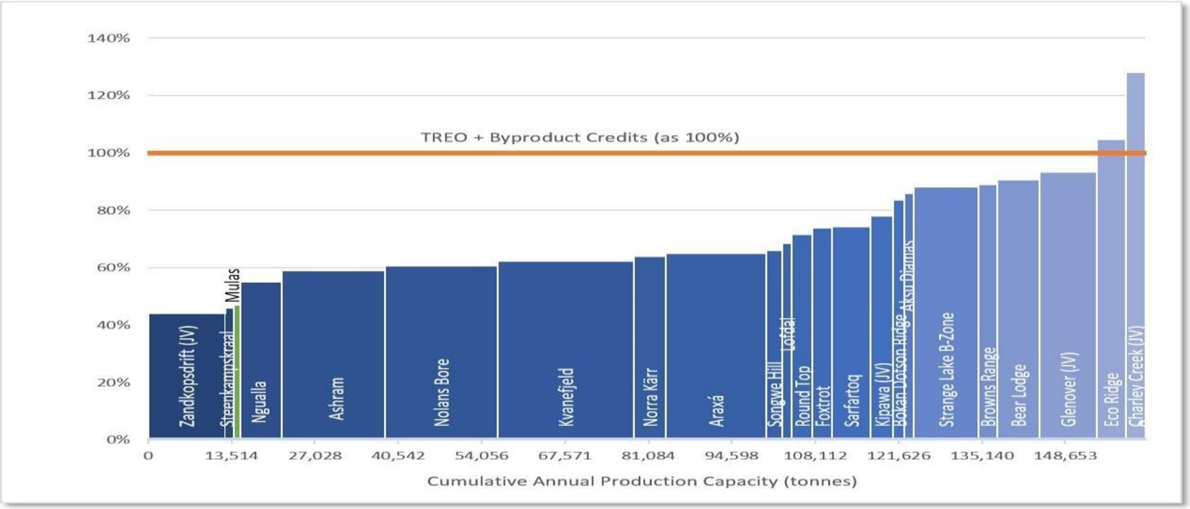
Oxalato de Nd/Pr para calcinar

Posición competitiva entre proyectos

(FUENTE: Adamas Intelligence, 2016)



Margen beneficio producción



Conclusiones

- Existe un consenso entre diferentes especialistas en que la demanda de REOs crecerá entre 3% - 6% cada año desde 2017 a 2022
- La producción global tan solo se incrementará un 1%
- La demanda excederá a la producción en el año 2020
- La demanda global de algunos REOs en 2020 superará a la producción en, al menos, 30.000 t - estos serán los óxidos de Nd, Pr, Tb, Dy

Conclusiones

Rare earth recovery and automotive growth
Posted by Dimpal on May 24, 2017

Roskill

In early 2017, the largest Chinese producer, China Northern Rare Earth announced several price increases for rare earth products, not only for magnet materials neodymium oxide, praseodymium oxide and didymium alloys, but also for cerium and lanthanum oxides. China FOB prices for lanthanum and cerium oxide prices increased by 4.1% and 4.3% respectively in the first four months of 2017. In other Chinese news, the Baotou municipal government has introduced a material tracking system to try and tackle the problem of illegal production. Consumers in the rest of the world will be watched closely to see its level of success.

Japan's REO consumption up 9% in 2016, according to JSNM

Interestingly, consumption of cerium oxide increased 16%, consumption of PrNd oxide increased 14%, and consumption of yttrium oxide increased 6.5% year-over-year. Consumption of mischmetal used in NiMH batteries also purportedly increased by 8%.

Etimología

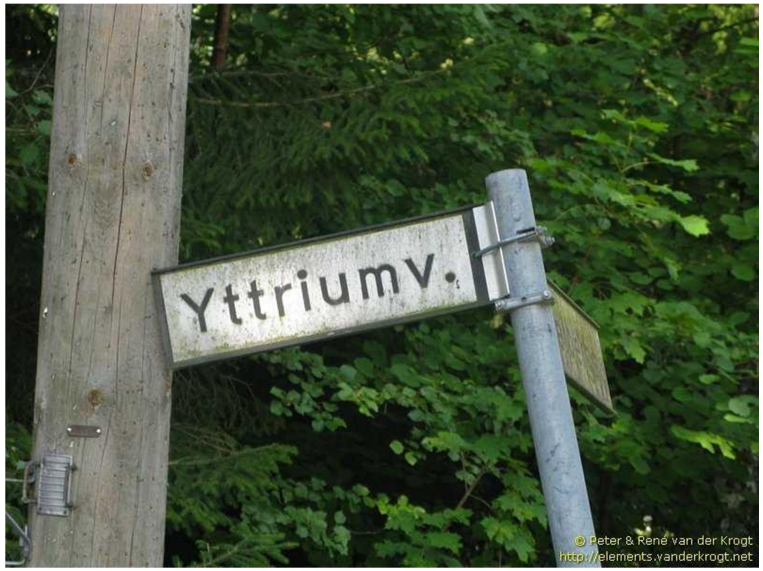
- Los elementos Yterbio, Ytrio, Terbio y Erbio fueron aislados y definidos de la gadolinita extraída de la mina Ytterby.

Ytterby es la aldea sueca donde nacieron los lantánidos

Placa conmemorativa al descubrimiento de las tierras raras por ASM (Sociedad Americana de los Metales) 1989

Etimología

- Escandio (de Escandinavia)
- Holmio (Stockholm)
- Tulio (de Thule, antiguo nombre para Escandinavia)



Siguid, la Reina de Thule, la eterna novia del Capitán Trueno