

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/305637248>

# <<Las tierras raras: encrucijada de conflictos>>

Chapter · January 2015

---

CITATIONS  
2

READS  
1,953

1 author:



[Pedro Alberto García Bilbao](#)  
King Juan Carlos University

22 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

SEE PROFILE

Grupo de Estudos Sobre Conflitos Ambientais

# Conflitos Ambientais na Indústria Mineira e Metalúrgica: O Passado e o Presente



Paulo Eduardo Guimarães  
Juan Diego Pérez Cebada  
Editores







# **Conflitos Ambientais na Indústria Mineira e Metalúrgica: o passado e o presente**

Paulo Eduardo Guimarães  
Juan Diego Pérez Cebada

Editores

CICP - Centro de Investigação em Ciência Política, Portugal  
CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, Brasil

Évora  
Rio de Janeiro  
2016

# Ficha Técnica

**Título:** Conflitos Ambientais na Indústria Mineira e Metalúrgica: o passado e o presente

**Edição científica:** Paulo Eduardo Guimarães (Universidade de Évora, Portugal) e Juan Diego Pérez Cebada (Universidade de Huelva, Espanha)

**Autores:** Eliane Rocha Araújo; Pedro Baños Páez; José Manuel Lopes Cordeiro; Carla Guapo Costa; Francisco da Silva Costa; Francisco Rego Chaves Fernandes; Pedro A. García Bilbao; Patricia Garrido Camacho; Javier Hernández; Ángel Pascual Martínez Soto; Isidoro Moreno; Carmen Mozo González; Paulo Eduardo Guimarães; Miguel Ángel Pérez de Perceval; Juan Diego Pérez Cebada; José Rodrigues dos Santos; Lays Helena Paes e Silva; Stefania Barca; Pedro Gabriel Silva; Félix Talego; Lucrecia Wagner.

**Edição:** Centro de Investigação em Ciência Política (CICP), Portugal; Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (CETEM/MCTI), Brasil

© Centro de Investigação em Ciência Política (CICP), Portugal

Évora e Rio de Janeiro, Dezembro de 2015

Portugal: ISBN 978-989-99534-0-6 Depósito Legal: 403019/15

Brasil: ISBN 978-85-8261-047-3

## **Impressão e acabamento:**

Várzea da Rainha Impressores, S.A.

Rua Empresarial nº 19 - Zona Industrial da Ponte Seca - 2510-752 Gaeiras – Óbidos

Telef. +351 262098008 - Fax: +351 262098582

[www.varzeadarainha.pt](http://www.varzeadarainha.pt)

**Apoios:** Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto UID/CPO/00758/2013.

Proyecto de Excelencia MINECO HAR2014-56428-C3-1-P (Espanha)

A versão digital desta obra pode ser livremente descarregada no sítio na web do Grupo de Estudos sobre Conflitos Ambientais para fins não comerciais desde que respeitada a sua integridade, citada a sua proveniência e atribuído o respetivo crédito, nos termos da licença internacional Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0).

**Fotos:** Capa - Córta (mina a céu aberto) de São Domingos inundada com águas ácidas (outubro de 2015). Autor: Paulo E. Guimarães. Contracapa - Viñeta del periódico republicano satírico El Motín (16/10/1887), sobre los "Humos de Huelva". Biblioteca Nacional de España.

# Grupo de Estudos sobre Conflitos Ambientais

Foi instituído durante a Segunda Conferência Mundial de História Ambiental, realizada em Guimarães (Portugal), em Julho de 2014 e um ano depois, em maio de 2015, os seus membros reuniram-se num Simpósio Internacional realizado na Universidade de Évora. Desde então, tem desenvolvido um trabalho intenso de investigação relacionado com os conflitos de poluição mineira, cujos resultados preliminares são apresentados nesta publicação. É constituído por uma equipa multidisciplinar (historiadores, economistas, antropólogos, sociólogos, linguistas, engenheiros, advogados, etc.) de professores de universidades em seis países europeus (Espanha, Portugal, França, Inglaterra, Itália, Suécia) e quatro americanos (Brasil, Argentina, Chile, Canadá) interessados em abordar as consequências, no espaço e no tempo, o renascimento gradual da mineração na Europa que, mais uma vez, tem a sustentabilidade ambiental na agenda política do Velho Continente. Nesse sentido, o objetivo deste grupo é fornecer informações para promover uma melhor e mais ativa participação dos agentes envolvidos e ajudar os políticos a tomar melhores decisões com base em informações consistentes.

Página web: <http://www.conflitosambientais.uevora.pt/>

Lista de discussão: [conflitosambientais-list@uevora.pt](mailto:conflitosambientais-list@uevora.pt)

# Grupo de Estudios de Conflictos Ambientales

Se constituyó en el Congreso Mundial de Historia Ambiental celebrado en Guimarães (Portugal) en julio de 2014 y un año después, en mayo de 2015, reunió a sus miembros en un Simposio Internacional celebrado en la Universidad de Évora. Desde entonces ha desarrollado una intensa labor de investigación relacionada con los conflictos de contaminación minera cuyos resultados preliminares se recogen en esta publicación. Está formado por un equipo multidisciplinar (historiadores, economistas, antropólogos, sociólogos, filólogos, ingenieros, juristas, etc) de profesores procedentes de universidades de seis países europeos (España, Portugal, Francia, Gran Bretaña, Italia, Suecia) y cuatro americanos (Brasil, Argentina, Chile, Canadá) interesados en abordar las consecuencias, en el espacio y en el tiempo, de la paulatina reactivación de la minería en Europa que colocan, otra vez, la sostenibilidad medioambiental del sector en la agenda política del Viejo Continente. En ese sentido, el objetivo de este Grupo es proporcionar información que permita promover una mejor y más activa participación de los agentes involucrados y ayudar a los políticos a tomar las decisiones más correctas basadas en informaciones consistentes.



# Esta é uma publicação DYRET-Environment

DYRET-Environment incide sobre o meio ambiente como uma questão importante para a integração regional e o desenvolvimento sustentável: ele tem uma dimensão transnacional importante, atravessa áreas políticas e traz à tona a questão do desenvolvimento econômico e constrangimentos sociais.

A primeira vertente da investigação centra-se na União Europeia, que tem vindo a reivindicar um papel de liderança para si na arena internacional e tem vindo a ganhar mais competências na área ambiental. Isso faz o estudo do seu caso particularmente relevante para a integração regional. Esta sub-linha de pesquisa do Centro de Investigação em Ciência Política analisa a evolução da política ambiental, a interação com outras políticas e procura possíveis lições a serem aprendidas pela integração regional com vista ao desenvolvimento sustentável. presta especial atenção às pressões sociais a partir da base e as formas governação em diferentes níveis. DYRET-Ambiente lida com a capacidade de resiliência das estruturas sociais através da mudança ambiental e desastres naturais. Está particularmente preocupada com os conflitos gerados pela degradação dos ecossistemas sociais. Os conflitos ambientalistas são considerados como um teste para a análise da distribuição de poder em todas as sociedades. Alguns processos históricos relacionados com a industrialização, a urbanização, a modernização agrícola, o imperialismo ecológico, o colonialismo moderno e pós colonialismo ilustram armadilhas ambientais e processos de crescimento empobrecedor a níveis locais e regionais, que muitas vezes se tornaram parte dos conflitos sociais e políticos.

Dentro deste quadro teórico, esta sub-linha tem como objetivo identificar os processos de mudança ambiental e social - o desenvolvimento sustentável ou sua alteração -, e contribuir para o debate político sobre a integração regional como processos a partir de baixo para a construção da paz.

# Índice

Introdução: Gestão ambiental, incerteza científica e o princípio da precaução na mineração de ontem e de hoje

*Paulo E. Guimarães e Juan D. Pérez Cebada*.....pg. 1

## PARTE I. VISÕES DE CONJUNTO

1 Os Conflitos ambientais em Portugal (1974-2015): uma breve retrospectiva

*Paulo E. Guimarães e Francisco R. Chaves Fernandes*.....pg. 19

2 Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais

*Francisco R. Chaves Fernandes e Eliane R. Araujo*.....pg. 65

3 Conflictos socioambientales por minería a gran escala en Argentina: debates sociotécnicos, movilizaciones sociales e institucionalidad ambiental

*Lucrecia S. Wagner*.....pg.89

4 Las Tierras Raras: encrucijada de conflictos

*Pedro A. García Bilbao*.....pg. 111

## PARTE II. ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS E CONFLITOS PREVENTIVOS

5 Estratégias das empresas transnacionais no setor dos recursos naturais, responsabilidade social corporativa e desenvolvimento (in)sustentável: uma abordagem exploratória e algumas reflexões

*Carla G. Costa e Francisco R. Chaves Fernandes*.....pg. 135

6 Conflitos ambientais e progresso técnico na indústria mineira e metalúrgica em Portugal (1858-1938)

*Paulo E. Guimarães*.....pg. 157

7 Evitar o impensável: a destruição irremediável do quadro de vida. Uma análise a partir do Projeto de Mina de Ouro da Boa Fé

*José Rodrigues dos Santos*.....pg. 185

8 ¿Modifican los desastres ambientales mineros la actitud de las poblaciones locales ante nuevas minas? El caso Aznalcóllar-Cobre Las Cruces en Andalucía

*Isidoro Moreno, Félix Talego, Javier Hernández e Carmen Mozo González*.....pg. 215

### PARTE III. TRABALHO, SAÚDE E CONTAMINAÇÃO MINEIRA E INDUSTRIAL: RETÓRICA E REALIDADE

9 Trabalho, saúde e ambiente na mineração de amianto no Brasil

*Lays H. Paes e Silva e Stefania Barca*.....pg. 243

10 La primera campaña mediática sobre contaminación en España

*Patricia Garrido e Juan D. Pérez Cebada*.....pg. 269

11 Mobilização e narrativas populares contra a mineração em Portugal: o caso da dragagem de estanho (1914-1974)

*Pedro G. Silva* .....pg. 291

### PARTE IV. FISCALIZAÇÃO E PASSIVOS AMBIENTAIS

12 Uma relação conflituosa: indústria e ambiente na bacia do Ave

*José M. L. Cordeiro e Francisco S. Costa*.....pg. 315

13 La sierra de Cartagena-La Unión (Murcia-España), un caso abierto de agresión medioambiental

*Ángel P. Martínez Soto, Pedro Paéz Baños e Miguel Á. Pérez de Perceval Verde*.....pg. 331

Conclusão: O passado e o presente nos conflitos ambientais na indústria mineira e metalúrgica

*Paulo E. Guimarães e Juan D. Pérez Cebada*.....pg. 361

# Rare Earth: a Crossroads of Conflict

*Pedro A. García Bilbao*

Rare earths have been known more than 200 years, but in recent decades they have become an essential part of the advanced materials that are enabling revolutionary achievements in high-tech electronics with their many applications. This article offers a reflection on the need for interdisciplinary work in the study of mining conflicts, a proposal for a categorization of these and a reflection on the nature of the rare earths as well as the potential conflicts involved.



# Las tierras raras: encrucijada de conflictos

*Pedro A. García Bilbao*

## **Introducción**

En 1996, C.H. Evans - profesor entonces en la universidad de Pittsburgh - coordinó en un trabajo colectivo una completa historia del descubrimiento y aplicaciones de los elementos conocidos como “tierras raras”, en lo que sin duda es una de las obras más sugerentes y completas sobre este tema, “Episodes from the History of the Rare Earth Elements” (Evans, 1996): en esa obra, no obstante, la cuestión del “conflicto” era muy secundaria aunque podía intuirse. Conocidas desde finales del siglo XVIII, han sido las especiales necesidades de la microelectrónica en la era actual las que han situado las miradas de todos en estos elementos de forma distinta, pasando del sereno conocimiento del geólogo especializado a la primera plana de los periódicos o a la agenda de los políticos. Sobre esa transformación van las siguientes líneas, centrándose en la cuestión del conflicto asociado a ellas en un sentido amplio.

La historia de los conflictos generados por la actividad minera es amplia, tanto como la propia historia de los conflictos sociales. En el marco de la disputa por recursos, escasos o no, entre distintos grupos sociales encontramos casi desde el principio, los choques derivados de la actividad extractiva que conocemos como minería en cualquiera de sus formas. No se trata de que este tipo de actividad genere más conflictividad que otras, - es en realidad una más de las actividades humanas y como tal sujeta a tensiones - sino que las consecuencias y alcance que puede llegar a tener, poseen la potencialidad de trascender las relaciones entre grupos, pues se basan en una manipulación del entorno natural - que puede verse transformado tal vez de forma negativa, destructiva -, y en un impacto en los colectivos humanos afectados directamente - trabajadores o pobladores de las zonas -. El estudio de la minería y sus conflictos a lo largo de la historia es una fuente de luz importante sobre la historia social y sobre las transformaciones del medio natural por la acción humana. Para cualquier disciplina interesada en conocer la realidad humana presente, este campo es de gran interés. Cada día más, también en el ámbito de los estudios ambientales,

minería, conflicto e historia se perfilan como elementos que deben ser tenidos en cuenta; estamos, sin duda, ante los mimbres con los que se ha urdido la realidad y comprender el ahora exige conocer cómo hemos llegado hasta aquí.

La mirada científica precisa adaptarse a la naturaleza del fenómeno en estudio y desarrollar metodologías e instrumentos precisos para analizar y comprender. Cuando un fenómeno es complejo y el reto de comprensión que se nos plantea, ambicioso, entonces debemos apelar a la colaboración interdisciplinar: es cuestión de niveles de profundidad en la comprensión del fenómeno. No hay disciplina que tenga todas las respuestas precisas para poder interpretar correctamente todos los datos; los datos cobran sentido solamente cuando conocemos la carga de significado que se les aporta y en esta tarea conocer el contexto es fundamental. Historia, derecho, ingenierías, los ámbitos académicos diversos de las tecnologías, economía, antropología, pero también sociología - disciplina que precisa de las demás para acabar de conseguir "comprensión" de lo que le es propio - y otras como la medicina, las ciencias ambientales o las relaciones internacionales han de tenerse en cuenta en ciertos estudios si se quiere comprender el alcance de un fenómeno.

¿Cómo comprender los conflictos mineros si no conocemos desde la aportación de geólogos, médicos e ingenieros, los efectos sobre la salud humana de ciertos minerales en el proceso extractivo? Plomo, mercurio, amianto, uranio, carbón, son ejemplos claros de porqué el investigador social o histórico ha de conocer las aportaciones de sus colegas en otras disciplinas, si es que desea poder comprender la naturaleza de fondo del conflicto, más allá de la percepción histórica - o interesada - que las partes afectadas puedan llegar a tener.

En ocasiones, a todos estos factores se suman otros menos habituales. El carácter estratégico de un recurso mineral, por ejemplo, es algo a tener en cuenta. Y no se trata solamente de un carácter atribuido subjetiva o culturalmente a un recurso vital que pasa así a ser considerado como tal, sino que también es algo objetivable, si ese recurso fuere parte insustituible de un proceso técnico o de una industria vital para el desarrollo de una economía. Tenemos desde hace tiempo una idea clara de este tipo de facetas definitorias de algunos recursos, es algo tan antiguo como el tiempo en cierto modo. Agua y tierra son recursos básicos sobre los que la disputa nunca ha cesado; minerales preciosos, preciosos

en el sentido de “preciados”, esto es “pretendidos” subjetivamente como tales, serían igualmente parte de la nómina de recursos —no todos minerales - en disputa fácilmente identificables. Precioso es el oro o la plata, claro, pero también pueden serlo raíces y plantas sencillas utilizadas socialmente con profusión en ciertas sociedades y cuya ausencia o racionamiento pueden ocasionar localmente graves disturbios si fallase el abastecimiento (hojas de coca, nuez de betel, pongamos por caso). Podríamos establecer dos categorías de “extraíbles”: los preciosos por razón de su consideración social, y los preciosos por razón de su uso y naturaleza, categorías ambas modificadas por su profusión y por su dificultad de acceso. Cuando un recurso es demandado mundialmente, esto es, cuando trasciende su aprecio a una particularidad local, estamos hablando ya de otra categoría mucho más seria. Y cuando no sólo es escaso, sino que su provisión resulta penosa, cara y tiene notables impactos en el entorno, entonces subimos en la escala de conflictos potenciales.

En la sociedad industrial mundial - bglobal en castellano tiene otro sentido - , la línea de desarrollo tecnológico que alimenta la actividad económica productiva ha ido generando sus propios materiales estratégicos. La identidad de éstos ha ido variando según ha ido transformándose el conocimiento y los avances científicos (pensemos en las variaciones entre la fibra óptica y el cobre, por ejemplo, en las que la introducción de aquella ha causado cambios en la presión del uso del cobre pero sin que haya desaparecido ni mucho menos su uso), pero sigue existiendo un fondo básico de minerales absolutamente imprescindibles para sostener la base misma del modelo industrial desarrollado, siendo las cifras de consumo cada día mayores, pues mayor eficiencia en los empleos no implica necesariamente menor consumo, sino que también puede significar mayor índice de empleo. La energía es, con diferencia, el recurso de mayor importancia, la energía “fósil” - petróleo, carbón o los minerales radioactivos - pero no solamente: la energía es elemento primordial, pero no basta, el otro elemento son las materias primas, cuya necesidad no hace sino expandirse.

Si este tipo de dinámicas se han venido dando desde que hubo actividad industrial al nivel que fuese, la línea de avance y progreso en la que se ha situado el presente nos ha situado en otro momento. Nos encontramos en lo que se ha dado en llamar la “era de los materiales avanzados”, en expresión del Premio Nobel de Física (1937) George Thomson - nos lo recuerda P. Porcher



[et al.] (2000, p.11) - a partir del peso específico de materiales compuestos por elementos diversos con propiedades muy especiales y que han permitido logros vitales en electrónica y otros campos, estos materiales han sustentado físicamente los avances científicos y tecnológicos de nuestra época: las llamadas “tierras raras” son parte de su composición, elementos esenciales que les donan sus propiedades.

La entrada en escena de las tierras raras cambia en cierto modo la lógica de la antigua dinámica entre recursos disputados y necesidades. No son solamente un material *preciado*, en el sentido que explicábamos, ni *sólo* estratégico por ser disputado y por razón de su lugar en los procesos productivos y tecnológicos, sino que su aleatoria distribución geográfica y su carácter esencial en el modelo de desarrollo vigente, le confieren un valor *geoestratégico* de primer orden; su ausencia puede implicar un desequilibrio tanto económico como político. Estos son los términos del conflicto potencial que entrañan las tierras raras a los que hay que añadir los posibles de toda extracción minera (impacto ecológico, económico, sociolaboral, etc.).

El estudio de las tierras raras desde una perspectiva integral necesita incluir la variable conflicto y el estudio del conflicto, haciéndose precisos el diálogo y la cooperación interdisciplinar. Llegados a este punto, esta aportación precisaría añadir dos elementos, no necesariamente en este orden: una contribución sencilla pero clara sobre qué son exactamente las tierras raras, indicando bibliografía de referencia y orientada al lector procedente de disciplinas distintas a la geología o la ingeniería, y una contribución al análisis de los conflictos en materias mineras y socioambientales, concretamente ofreciendo una propuesta de categorización posible de estos, que ayude a la mejor comprensión de la dinámica en torno a las tierras raras.

Una propuesta de categorización de conflictos en el campo minero y medio ambiental.

Si por conflicto entendemos el choque entre expectativas y resultados en una competencia por determinados elementos (materiales o inmateriales, físicos o no) cualquier intento de categorización necesita aclarar la escala y el contexto. El contexto del que hablamos es el propio de las cuestiones relacionadas con la minería y su relación con el medio ambiente ecológico y el social - es decir,

su contexto humano - , pero la escala de la que vamos a hablar no es la de las microdecisiones técnicas propias de cualquier actividad, sino la del plano social general.

Esta propuesta que a continuación exponemos fue presentada en el simpósio internacional “Conflictos ambientais e estratégias empresariais nas indústrias mineiras e metalúrgicas” celebrado en la Universidad de Évora en mayo de 2015.

No se trata tanto de recurrir a discursos eruditos que reconstruyan la evolución de las posiciones sobre el conflicto en la literatura académica, sino de aclarar cuál es la posición desde la que escribimos y que responde, obviamente, a una de las tendencias observadas en el actual estado de la cuestión. Los conflictos forman parte de la realidad observable, responden en muchos casos a procesos objetivables y cualquier intento de comprender la realidad pasa por afrontar este hecho.

La existencia de recursos escasos en relación a las necesidades es la fuente primordial de todo conflicto. La solución de tal desfase exige escoger prioridades y establecer preferencias, procesos que tienen un componente político, esto es, fruto de decisiones tomadas individual o colectivamente - es decir, fruto de la convención o acuerdo.

Hay dos circunstancias iniciales en la minería que pueden generar los conflictos: las que tienen que ver con la disputa por recursos considerados vitales y las que tienen que ver el impacto de sus formas de explotación. Ambas circunstancias pueden dar origen a los diversos tipos de conflictos que podríamos encontrar. A saber:

- conflictos ambientales;
- conflictos sociales;
- conflictos económicos;
- conflictos políticos.

En el ámbito de la minería y derivados, encontramos cuatro posibles tipos de conflictos en los que podríamos enmarcar todos los demás que puedan surgir:

- Uno: los referidos al impacto ambiental de la actividad.
- Dos: los referidos a las condiciones laborales de la explotación.
- Tres: los referidos a las luchas por acceder o mantener los derechos de explotación.
- Cuatro: los derivados de la naturaleza del recurso en función del tipo de papel y de necesidad que se tiene de él.

En el tipo Uno - los referidos al impacto ambiental de la actividad- , encontramos las amenazas posibles o potenciales al biotopo original de la zona en explotación lo que une las cuestiones formas de vida animal, vegetal, clima, paisaje y la interacción humana y, en este sentido, la posibilidad del fin o cambio irreversible de la forma de vida y actividad humana en la zona. Las causas de estos conflictos ambientales están en relación con la naturaleza propia del proceso extractivo y sus exigencias.

En el tipo Dos - los referidos a las condiciones laborales de la explotación - , los más conocidos hasta el punto de que, efectivamente, las luchas sociales sobre las condiciones de trabajo son identificados junto con los ecológicos, como el conflicto minero en exclusiva, una falsa impresión, pues existen muchos otros.

En el tipo Tres - los referidos a las luchas por acceder o mantener los derechos de explotación - , encontramos toda una categoría de conflictos que suele ser obviada en los estudios técnicos apelando a que escapan a las cuestiones tecnológicas, de ingeniería o geológicas; suelen ser derivados al ámbito del derecho como si la cuestión se agotase en la cuestión legal; en realidad la variedad de la problemática es mucho mayor: dinámica y actuación de los grupos de presión, los marcos sociopolíticos de las actividades, tensiones entre empresas y estados, inter-empresas e inter-estados, facciones, corrupción, cuestiones de poder y geoestrategia, son cuestiones a tener en cuenta.

En el tipo Cuatro - los derivados de la naturaleza del recurso en función del tipo de papel y de necesidad que se tiene de él -, encontramos dos posibilidades básicas: conflictos sistémicos, cuando afectan a un proceso relacionado con la base misma del sistema global, y conflictos estructurales cuando queda en riesgo el modelo de actividad relacionada. La diferencia entre sistémico y estructural que proponemos se basa en que sistémico es mucho más global y de no resolverse causaría una crisis de espectro más amplio amenazando el

modelo de desarrollo, mientras que estructural implica amenaza a un sector o grupo de sectores, pero podría resolverse con cambios tecnológicos que dejaran obsoletas ciertas respuestas. En este sentido, más allá de alarmismos impropios, Claudia Canals, del Departamento de Economía Internacional, Área de Estudios y Análisis Económico de La Caixa, nos recuerda que “los avances tecnológicos disminuirán la dependencia actual de las tierras raras en la producción de la electrónica avanzada y en el desarrollo de las energías renovables” (Canals, 2014, p. 35), aunque esta previsión de Canals - mucho más preocupada por las oscilaciones en bolsa de las commodities -, no se corresponde con las previsiones de la Unión Europea (se compone de facetas diversas. Un conflicto se vuelve más complejo cuantas más tipologías se ven implicadas, de forma que si deseamos realizar una escala de intensidad de conflictos podemos construirla a partir de este esquema.

Hemos establecido igualmente una distinción entre conflictos estratégicos y geoestratégicos. La diferencia “geoestratégica” radica en la fusión entre lo que es el dominio territorial o acceso al área donde se encuentra el recurso en cuestión y el factor predominio político. Un elemento deviene geoestratégico cuando su control confiere ventaja en la lucha por el predominio político global, pero conviene hacer un esfuerzo más de ajuste a la hora de caracterizar el carácter estratégico o no de un recurso, no se trata solamente de si incluimos lo político en la definición, sino de su alcance. Podemos establecer tres niveles de intensidad en un conflicto estratégico:

El primer nivel se corresponde con la tensión objetivo-subjetivo en la competencia por un recurso. La objetividad procede en este campo de si la necesidad de ese recurso está inserta en un proceso productivo - o vital - del que forme parte, y la subjetividad procede de si la necesidad radica en una cuestión cultural o de opción entre variadas opciones. La falta de un recurso en este nivel - cualquiera de los dos - puede ser fuente ya de conflictos con manifestaciones económicas, culturales o militares.

El segundo nivel es el estructural y se produce cuando el recurso tiene que ver con la viabilidad de un modelo de desarrollo, cuando su ausencia lo vuelve inviable. Hay recursos no renovables y recursos renovables, si el recurso es estructural y no renovable el conflicto es seguro.

El tercer nivel es el sistémico a escala global. La sociedad postindustrial avanzada tiene una densa división del trabajo y una profunda interdependencia de todos los elementos del sistema. Si el recurso afecta a zonas clave de este entramado, su ausencia pone en riesgo la viabilidad de todo el modelo de desarrollo global.

Hasta el momento contábamos con los recursos estratégicos tradicionales: los relacionados con la energía, la tierra cultivable, el agua y las materias primas. En el siglo XXI, con la irrupción de los llamados nuevos materiales, entran en escena las llamadas “tierras raras”, un tipo muy especial de materia prima por razón de la particularidad de sus usos, como señala Canals (2014) “inputs indispensables (...) de numerosos artefactos de alta tecnología”, en la industria armamentística, sistemas de comunicación, imanes, superconductores y toda una miríada de aplicaciones nuevas, elementos conocidos hace casi doscientos años (Gsechneider, 1987) pero a los que el desarrollo científico, tecnológico e industrial ha situado en un plano de vital importancia económica y política (European Comission, 2011; European Comission, 2014).

### **¿Cómo definir las tierras raras?**

Para el lector no especialista la pregunta es obligada. Para el conocedor los intentos de definición van a resultar siempre superficiales, pero podemos establecer un consenso básico en esbozar una respuesta sencilla y proporcionar fuentes bibliográficas que permitan ampliar la cuestión. Se hace preciso aclarar qué son.

Los profesores J. A. Espí y J. L. Sanz, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía de Madrid lo han definido en pocas palabras: “La denominación tierras proviene de la antigua denominación que antes se daba a los óxidos, mientras que el término de raras procede del siglo pasado y se refiere a las dificultades que existen en los procesos de separación entre ellas para ser usadas”, y añaden:

Las tierras raras (o REE, en inglés, por “rare earth elements”) comprenden un grupo de elementos químicos de la serie de los lantánidos, integrado por las tierras raras ligeras (lantano, cerio, praseodimio, neodimio, promecio y samario) y las tierras raras pesadas (europio, gadolinio, terbio, disprosio,

holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio). Generalmente también se incluyen entre ellas al itrio y al escandio

No se trata por tanto de elementos poco usuales, su presencia es bastante notable, los problemas de su extracción proceden de su presentación en la naturaleza, que exige procesar grandes cantidades de terreno y someterlo a variados procesos de filtrado. En este sentido, aclaran:

Las tierras raras son por tanto, mezclas de óxidos e hidróxidos de los elementos del bloque F de la tabla periódica de elementos. Estos elementos tienen radios iónicos muy parecidos y muestran comportamientos químicos igualmente semejantes que hacen difícil su separación. Aunque el nombre de Tierras Raras (TR) podría llevar a la conclusión que se trata de elementos con escasa abundancia en la corteza terrestre, esto no es así. Algunos elementos, como el cerio, el itrio y el neodimio son más abundantes que el plomo, y el tulio, que es el más escaso, es aún más común que el oro o el platino (Espí-Sanz, 2012).

Por su parte, Sivent Zaragoza (2012) del Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE), las define de la siguiente forma:

*Se conoce mundialmente como tierras raras, también llamados metales especiales, un conjunto de 17 elementos químicos metálicos: el escandio (número atómico 21), el itrio (número atómico 39) y el llamado grupo de los lantánidos - lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio - , cuyos números atómicos están comprendidos entre 57 y 71. Aunque el escandio y el itrio no forman parte del grupo de los lantánidos del sistema periódico, se comportan físicamente de forma muy similar a éstos. Generalmente se comercializan en forma de polvo y como óxidos metálicos. Se extraen de unos 25 minerales que se encuentran en la naturaleza en cantidades no tan escasas como su nombre da a entender. Sin embargo, este nombre está justificado por la baja concentración en que se suelen encontrar y la consiguiente dificultad para localizarlos en proporciones que permitan su explotación comercial, la cual es compleja, costosa y agresiva con el medio ambiente (Sivent Zaragoza, 2012, p. 3).*

## **Sobre tierras raras y materias primas esenciales; bibliografía y algunos conceptos.**

Para el conocimiento de las tierras raras, además de artículos de divulgación como los referidos de Espí y Sanz (2012), los muy superficiales de Mangas Corrales (2012) o Araujo (2012), o por el contrario de las muy completas monografías históricas en detalle como las de Gschneider (1987) y Evans (1996), de estudios centrados en la descripción y valoración de la cuestión estratégica (Sirvent Zaragoza, 2012), de los usos militares y las recomendaciones técnicas que precisa una política nacional (Bailey, 2012), hay algunos trabajos que combinan seriedad, divulgación y detalle técnico solvente (Porcher et al., 2000), pero si deseamos hacernos una idea clara de la situación actual lo mejor es acudir a los informes preparados para los gobiernos por agencias especializadas, especialistas o por comisiones gubernamentales o de los parlamentos, en este sentido son fundamentales las aportaciones en el ámbito de las instituciones de la Unión Europea(UE). En el transcurso de un encuentro de trabajo conjunto Estados Unidos – Unión Europea, M. Nowakowska (2012), de la Dirección General, junto a otras aportaciones, no solamente resumía los datos disponibles sobre las tendencias del mercado de tierras raras y sus posibles conflictos, sino que planteaba orientaciones a seguir para la UE. Las aportaciones de diversos grupos de trabajo ad hoc como asesores de la Comisión Europea son fundamentales tanto para la elaboración de políticas europeas como fuente de conocimiento sobre el estado de la cuestión de las tierras raras.

Entre 2010 y 2015, la UE ha reaccionado con cierto vigor ante la situación, percibida como de emergencia, lo que se ha traducido en documentos específicos de análisis pero sobre todo de propuestas de acción, no solamente sobre las tierras raras, sino sobre todo el conjunto de materias primas consideradas esenciales.

En este sentido, en 2014, el titulado “Report on Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad-Hoc Working Group on defining critical raw materials”, comenzaba así definiendo la situación:

*Raw materials are fundamental to Europe's economy, growth and jobs and they are essential for maintaining and improving our quality of life.*

*Recent years have seen a growth in the number of materials used across products. Securing reliable, sustainable and undistorted access of certain raw materials is of growing concern within the EU and across the globe. As a consequence of these circumstances, the Raw Materials Initiative was instigated to manage responses to raw materials issues at an EU level. At the heart of this work is defining the critical raw materials for the EU's economy. These critical raw materials have a high economic importance to the EU combined with a high risk associated with their supply.*

*The first criticality analysis for raw materials was published in 2010 by the Ad-Hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials. Fourteen critical raw materials were identified from a candidate list of forty-one non-energy, non-agricultural materials.*

La preocupación que se traduce de estas palabras es clara y se ha concretado en numerosas iniciativas y planes de acción. En inglés el concepto de “critical” se corresponde con el nuestro de “vital” o “esencial”, se están refiriendo a las materias primas consideradas como esenciales, las materias primas que hacen posible una acción no son “críticas” —un anglicismo, en este sentido—, sino que son “vitales” para tal actividad. Básicamente, lo que percibimos es la voluntad de poner la casa en orden, más que una situación de alarma por una supuesta carencia dramática: no es esa la situación. A destacar que no incluyen en su listado de minerales considerados como “vitales” solamente a las tierras raras, sino que éstas se suman a otros elementos considerados de importancia estratégica, a los que denomina CRM (“Critical Raw Materials”) y sobre los que recomienda actuar, además de revisar periódicamente la relación de minerales incluidos. Y es que las tierras raras son ya, efectivamente, “materias primas” esenciales y la UE las estudia dentro del mismo esfuerzo.

¿Cómo conceptúa la UE la cuestión del carácter esencial de una materia prima, incluidas las tierras raras? De la siguiente forma; se considera que una materia prima es “fundamental” cuando el riesgo de escasez de abastecimiento y el impacto en la economía que esta escasez implicaría son mayores que los de la mayoría de las materias primas. Se han considerado dos tipos de riesgo: a) “riesgo de abastecimiento”, teniendo en cuenta la estabilidad política y económica de los países productores, el nivel de concentración de la



producción, el potencial de sustitución y el índice de reciclaje; y b) “riesgo medioambiental de país” que evalúa los riesgos de las medidas para la protección del medio ambiente que podrían ser adoptadas por países con un bajo nivel de protección medioambiental, comprometiendo, de este modo, el abastecimiento de materias primas a la UE.

En el informe “The Raw Materials Initiative - Meeting Our Critical Needs for Growth and Jobs in Europe” (Comisión Europea, 2008) la cuestión es abordada en los siguientes términos:

*Different methodologies are being applied to determine the criticality of raw materials, making use of various criteria. What they have in common is that they consider a whole range of factors in relation to the importance of raw materials for the economy and in relation to the availability and reliability of supply. These supply risk factors can have multiple dimensions: geological, technical, environmental and social, political and economic. Examples are: concentration of production at company or country level, increased demand, degree of import dependence, by-product or not, recycling potential, substitution possibilities, political and economic stability of producing countries, etc. It is usually a combination of these factors that is instrumental in defining the criticality of a raw material, for a specific time scale.*

En este orden, en 2010, la UE establecía una relación de 14 materias primas consideradas como esenciales o estratégicas y como se puede observar, las tierras raras, tomadas como una unidad, son parte de esta consideración.

Una de las características del cambio tecnológico incesante es que aumentan las necesidades de materias primas específicas que lo apoyan, y ahí es donde entran las tierras raras (ver Cuadro 2). No se trata de problemas relacionados con la mayor o menor eficacia, se trata de que el incremento de la producción de productos finales de alta tecnología puede llevar aparejado el incremento de las necesidades de nuevos materiales y con ello, como se ha dicho, de tierras raras.

**Cuadro 1. Relación de 14 materias primas esenciales y de alto riesgo en su abastecimiento consideradas por la UE en 2010.**

Antimonio	Indio
Berilio	Magnesio
Cobalto	Niobio
Fluorita	(MGP)Metales del Grupo del Platino <sup>1</sup>
Galio	Tierras raras <sup>2</sup>
Germanio	Tantalio
Grafito	Wolframio

Notas: 1 - Metales del Grupo del Platino (MGP): Platino (Pt), Paladio (Pd), Iridio (Ir), Rodio (Rh), Rutenio (Ru) y Osmio (Os); 2 - Forman las tierras raras el itrio, el escandio, el lantano y los denominados lantánidos (cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio).

Fuente: Comisión Europea.

Las propiedades de estos minerales “nuevos”, las tierras raras les permiten ayudar a la creación de los materiales avanzados que constituyen una nueva frontera. Se les denomina en ocasiones metales high-tech, tanto a las aleaciones finales como a algunos de los componentes metálicos (Hocquard, 2008), pero lo fundamental es que las aplicaciones finales no son ya simples extremos de un desarrollo tecnológico, sino que pasan a ser parte de la estructura del modelo basado en alta tecnología (ver Cuadro 3): no son materias primas solamente, son materias primas esenciales, sistémicas, si hemos de usar la terminología que hemos estado proponiendo.

**Cuadro 2. Estimación de la evolución de la demanda global de materias primas específicas en relación al desarrollo de nuevas tecnologías.**

<b>Materia prima</b>	<b>Producción en 2006 (t)</b>	<b>Demanda de nuevas tecnologías 2006 (t)</b>	<b>Demanda de nuevas tecnologías 2030 (t)</b>	<b>Indicador 2006</b>	<b>Indicador 2030</b>
Galio	152	28	603	0,18	3,97
Indio	581	234	1.911	0,40	3,29
Germanio	100	28	220	0,28	2,20
Neodimio (tierra rara)	16.800	4.000	27.900	0,23	1,66
Platino (GMP)	255	no relevante	345	0	1,35
Tantalio	1.384	551	1.410	0,40	1,02
Plata	19.051	5.342	15.823	0,28	0,83
Cobalto	62.279	12.820	26.860	0,21	0,43
Paladio (GMP)	267	23	77	0,09	0,29
Titanio	7.211.000	15.397	58.148	0,08	0,29
Cobre	15.093.000	1.410.000	3.696.070	0,09	0,24

Fuente: BGR German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources.

**Cuadro 3. Aplicaciones prácticas en avances medioambientales de materiales avanzados y tierras raras (REE).**

<b>Problem</b>	<b>Solutions</b>	<b>Raw materials (application)</b>
Future Energy supply	Fuel cells	Platinum, palladium
		REE
		Cobalt
Hybrid cars		Samarium (permanent magnets)
		REE: Neodymium (high performance magnets)
		Silver (advanced electromotor generators)
		Platinum, palladium (catalysts)
Alternative energies		Silicon, gallium (solar cells)
		Silver (solar cells, energy collection/transmission)
		Gold, silver (high performance mirrors)
Energy storage		Lithium, zinc, tantalum, cobalt (rechargeable batteries)
Energy conservation	Advanced cooling technologies	REE
	New illuminants	REE, Indium, Gallium: LEDs, LCDs, OLED
	Energy saving tyres	Various industrial minerals
	Super alloys (high efficiency jet turbines)	Rhenium
Environmental protection	Emissions prevention	Platinum, palladium
	Emissions purification	Silver, REE
High precision machines	Nanotechnology	Silver, REE
Future Energy supply	Fuel cells	Platinum, palladium
		REE

**Cuadro 3. Aplicaciones prácticas en avances medioambientales de materiales avanzados y tierras raras (REE).**

		Cobalt
	Hybrid cars	Samarium (permanent magnets)
		REE: Neodymium (high performance magnets)
		Silver (advanced electromotor generators)
		Platinum, palladium (catalysts)
	Alternative energies	Silicon, gallium (solar cells)
		Silver (solar cells, energy collection/transmission)
		Gold, silver (high performance mirrors)
	Energy storage	Lithium, zinc, tantalum, cobalt (rechargeable batteries)
Energy conservation	Advanced cooling technologies	REE
	New illuminants	REE, Indium, Gallium: LEDs, LCDs, OLED
	Energy saving tyres	Various industrial minerals
	Super alloys (high efficiency jet turbines)	Rhenium
Environmental protection	Emissions prevention	Platinum, palladium
	Emissions purification	Silver, REE
High precision machines	Nanotechnology	Silver, REE
IT limitations	Miniaturisation	Tantalum, ruthenium (MicroLab solutions)
	New IT solutions	Indium (processors)
		Wolfram (high performance steel hardware)
	RFID (hand-held consumer electronics)	Indium, REE, silver

Fuente: Comisión Europea Staff Working Document (2008).

## **Las tierras raras, encrucijada de conflictos.**

Se puede observar con facilidad en toda la literatura sobre tierras raras emanada de la Unión Europea, muy extensa, que la palabra “conflicto” no aflora. De hecho aparece muy pocas veces, y casi siempre con contenidos poco claros. Se observa preocupación por el abastecimiento, los precios, por las disputas legales y de poder, por el impacto en la economía (crecimiento, puestos de trabajo) pero la palabra conflicto no surge, casi ni en los textos emanados de instancias relacionadas con la seguridad, la defensa o la geoestrategia. Hemos de reflexionar sobre esto. ¿Sobra el concepto conflicto? Nosotros lo hemos caracterizado como el proceso de enfrentamiento que se abre cuando se desajustan las expectativas entre necesidades y recursos: es cierto que un desajuste no tiene porque convertirse necesariamente en un conflicto, pero tiene el potencial de crearlo y alimentarlo. Convendría realizar una rápida mirada a la situación actual y sus antecedentes.

Brasil, India y posteriormente EE.UU fueron los primeros países en producir en cierta cantidad de tierras raras. Con los yacimientos de Mountain Pass, en California, los Estados Unidos de Norteamérica pasaron a ser durante un tiempo los líderes de la producción y procesamiento de estos materiales (Haxel, 2005) (Geological Sciences Department, 2008), pero la emergencia de China algunos años más tarde cambió las cosas. Los yacimientos chinos son considerados los más importantes del mundo, pero han sido dos cuestiones muy concretas las que lanzaron a China como el actor global dominante en tierras raras. China invirtió en lograr controlar toda la cadena productiva de las tierras raras, no solamente extraer, sino filtrar y procesar hasta lograr el producto neto final, esto es, la cadena completa. Durante algunos años, esta situación, unida a los bajos salarios y a las precarias condiciones de seguridad medioambiental, permitió a China hacerse con la mayoría del mercado mundial y exportar a otros países estos productos. EE.UU llegó a cerrar sus plantas de extracción o procesamiento. Pero la línea de desarrollo high-tech seguida convertiría las tierras raras en materiales estratégicos vitales y en inaceptable la posición geoestratégica de China por razón de su control de extracción, procesamiento y exportación. Tanto EE.UU como la Unión Europea han reaccionado a esta situación y están tomando decisiones para lograr relanzar sus industrias de extracción y refinado, además de estudiar posibles alternativas. En 2012, en el seno de la Organización

Mundial de Comercio (OMT), las diferencias con China se convirtieron en un enfretamiento abierto cuando el propio presidente Obama - expresando la opinión de otros países, afectados, denunció las políticas chinas de establecer cuotas de exportación, guardar reservas que afectaban a la disponibilidad de los materiales y, en suma, de maniobrar para poder beneficiarse de precios ventajosos y control del suministro. Las demandas puestas en los espacios de arbitrio de la propia OMT se saldaron en 2014 con un fallo en contra de China que se vio obligada a cambiar su política de cuotas. La acción de China había alterado los precios y empujó a los otros países a buscar fuentes alternativas - harto complejo -, reabrir minas y a intentar replantearse, como decimos, la situación (OMC, 2014).

En cualquier caso la pretensión de autonomía respecto de China no es fácil de lograr debido entre otras cosas a los mayores costes de explotación y las exigencias medioambientales que afectan, por ejemplo, a Mountain Pass en los EE.UU, al punto de que en agosto de 2015, MolyCorp Inc., la empresa propietaria de los derechos de extracción, anunció el cierre temporal de la mina y que el suministro se realizaría desde las instalaciones en Estonia y en la propia China (Jamasmie, 2015). Las tierras raras están ya en el centro de la disputa geoestratégica global, utilícese la terminología que se quiera.

A la cuestión del control de la explotación y la autonomía de suministro, de igual forma, la forma natural en la que se presentan las tierras raras, en bajas proporciones junto a otros minerales, obliga a remover y procesar grandes cantidades de materiales con un considerable impacto ecológico y medioambiental, además del derivado de las técnicas de procesado para la extracción final, en ocasiones muy lesivas y complejas. No se trata, por tanto, de que sean escasas, no lo son, ni mal repartidas, sino de los problemas derivados de su presentación natural, de las exigencias de su procesado y de los costes de todo el proceso. Existe un conflicto medioambiental que ha de ser resuelto y también sociolaboral por las condiciones de trabajo para su explotación.

Las tierras raras se mueven en el nivel del conflicto objetivo - son objetivamente necesarias - en el estructural en algunos sectores clave de la industria de alta tecnología, al punto de que su carencia supondría la caída de sectores clave, y en el nivel sistémico global, pues su empleo es el que permite alimentar

nuestro actual modelo de sociedad basada en las alta tecnología electrónica con todas sus aplicaciones, tanto civiles, como militares y las relacionadas con las nuevas formas de energía. La combinación de estos tres elementos y muy particularmente la naturaleza de los avances tecnológicos en los que su uso es indispensable, convierten a las tierras raras es un recurso de alcance geoestratégico, pues de él depende mantener posiciones de predominio político en la esfera internacional. Estamos ante una familia de materias primas —no lo olvidemos—, muy especiales. Comprender las tierras raras nos exige también valorarlas como el centro de una madeja de conflictos potenciales que pueden manifestarse tanto si está asegurada su explotación y suministro, como si no lo estuviese; en ambos casos, las consecuencias para una sociedad postindustrial e interdependiente como la nuestra, deben ser tenidas en cuenta. El estudio de las tierras raras exige de la colaboración interdisciplinar y no rehuir ninguna de las facetas que presentan como fenómeno, como por ejemplo el de los conflictos que puedan suscitar.

### **Referências bibliográficas**

- ARAUJO, J. L. (2010), “Las tierras raras”, *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, n. 0, pp. 82-83.
- BAILEY GRASSO, W., (2013), *Rare Earth Elements in National Defense. Background, Oversight Issues, and Options for Congress*, Washington, Congressional Research Service 7-5700 - R41744.
- CANALS, C., (2014), “El curioso caso de las tierras raras: la crisis que no será”, en IM07, Dossier: materias primas, fuente de crecimiento, Barcelona, La Caixa, pp. 34-35.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2008), *Communication from The Commission to The European Parliament and The Council. The Raw Materials Initiative - Meeting Our Critical Needs For Growth and Jobs in Europe*, Commission Staff Working Document, Com (2008) 699, Brussels, Sec (2008), 2741.
- ESPÍ, J. A., y SANZ, J. L., (2012), “Por qué hablamos hoy de las tierras raras”, ETSI de Minas y Energía. Disponible en <http://www.minasyenergia.upm.es/es/actualidad/noticias/1112-por-que-hablamos-hoy-de-las-tierras-raras.html>, [consultado el 12/02/2015].
- EUROPEAN COMMISSION (2011), *Communication from The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and So-*



- cial Committee and The Committee of the Regions: Tackling the Challenges in Commodity Markets and on Raw Materials, Brussels, 2.2.; Com (2011) 25 Final.
- EUROPEAN COMMISSION (2014), Communication from The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions: On the review of the list of critical raw materials for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative, Brussels, [borrador].
- EVANS, C. H. (ed.) (1996), *Episodes from the History of the Rare Earth Elements*, Dordrecht, Kluwer.
- JAMASMIE, C. (2015), “Molycorp shuts down Mountain Pass rare earth plant”, en [www.mining.com](http://www.mining.com), 26/08/2015. Disponible en <http://www.mining.com/molycorp-shuts-down-mountain-pass-rare-earth-plant>, [consultado el 01/09/2015].
- GEOLOGICAL SCIENCES DEPARTMENT (2008), *Mountain Pass Rare Earth Mine*, Pomona, California State Polytechnic University.
- GSECHNEIDER, K. I. (1987), *Two hundred years of rare earths*, Nord-Holland, RIC.
- HAXEL, G. B. et al (2005), “Rare earth elements – Critical resources for high technology”, US Geological Survey (USGS), Fact Sheet 087-02.
- HOCQUARD, C., (2008), *Les nouveaux matériaux stratégiques, métaux high tech, métaux verts, vers une convergence*, Agence Rhône-Alpes pour la maîtrise des matériaux (ARAMM), *Mag’Mat*, n. 26, avril- juin 2008, pp.18-30.
- HOCQUARD, C.; SAMAMA, J. C, (2006), “Cycles et supercycles dans le domaine des matières premières minérales, analyse des risques et des comportements des acteurs”, pp. 63-81, In *Les techniques de l’industrie minérale*, Société de l’industrie minérale, n. 29, mars.
- MANGAS CORRALES, C. (2012), “Las tierras raras”, Sevilla, *MoleQla: Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, n. 5, pp. 38-39.
- NOWAKOWSKA, M. (2012), “Defining Critical Raw Materials in the EU: Information Gaps and Available Solutions”, *Workshop on Mineral Raw Material Flows & Data* Brussels.
- OMC (2014), “China: Medidas relacionadas con la exportación de tierras raras, volframio (tungsteno) y molibdeno”. *Informes del órgano de apelación*, OMC- Organización Mundial del Comercio WT/DS431 / AB/R WT/DS432 / AB/R WT/DS433/ AB/R, e 7 de agosto de 2014.
- PORCHER, P. et al. (2000),

“Tierras raras: materiales avanzados”, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, n. 4, pp. 11-26.

SIRVENT ZARAGOZA, G. (2012), “El mercado de las tierras raras: un mercado estratégico”, *Instituto Español de Estudios Estratégicos, Documentos de opinión*, 72/2012.