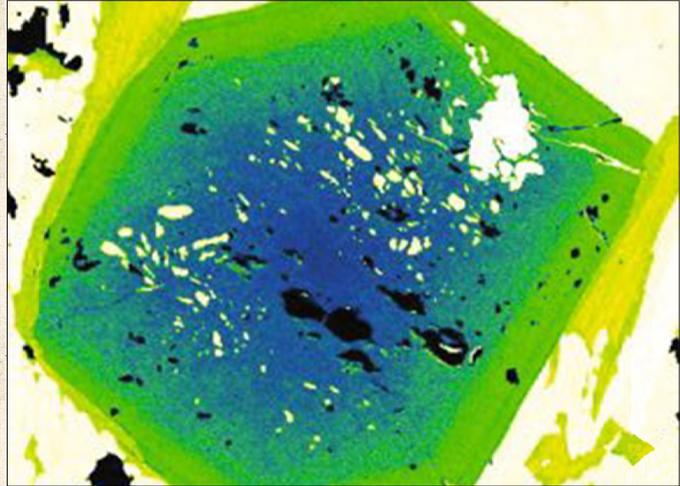


# LA GEOLOGÍA ES NOTICIA

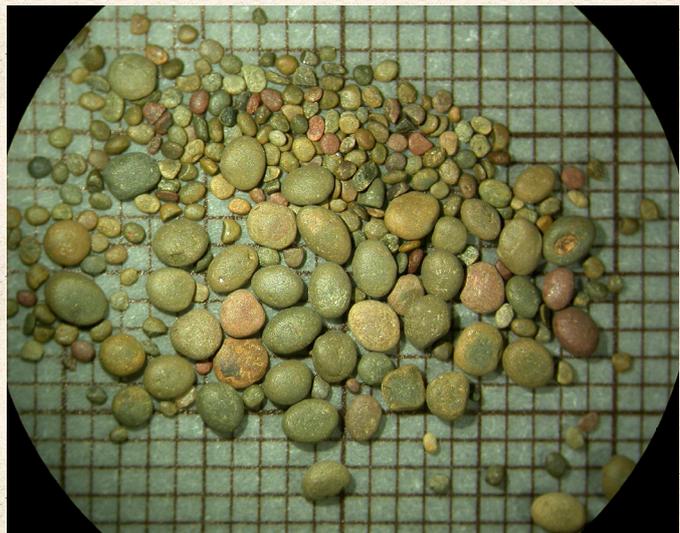
## Minerales que registran terremotos

Juan Jiménez Millán \_\_\_\_\_ p. (376)



## La monacita, mena de “tierras raras” y su polémica posibilidad de explotación en Ciudad Real

Pablo Higuera, Eva M. García Noguero,  
José M. Esbrí y Enrique Burkhalter \_\_\_\_\_ (p. 379)



## El cinabrio, fuente del único metal pesado líquido

Pablo L. Higuera, José María Esbrí y  
Eva M. García Noguero \_\_\_\_\_ p. (382)



# La monacita, mena de “tierras raras” y su polémica posibilidad de explotación en Ciudad Real

PABLO HIGUERAS<sup>1</sup>,  
EVA M. GARCÍA NOGUERO<sup>1</sup>,  
JOSÉ M. ESBRI<sup>1</sup> Y  
ENRIQUE BURKHALTER<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geología Aplicada, Universidad de Castilla-La Mancha. Pl. Manuel Meca 1, 13400 Almadén (Ciudad Real)

<sup>2</sup> Quantum Minería. c/ Santander, 3 – Planta 14ª, 28003 Madrid

<sup>3</sup> Econatura. C. Joaquín Costa 36, 28002 Madrid.

Las tierras raras son elementos de alto interés tecnológico, por sus posibilidades de empleo en la fabricación de bienes de consumo electrónico. Se trata de elementos estratégicos para la Unión Europea, que busca reducir su dependencia en este tipo de materias primas de los países suministradores no europeos. En concreto estos elementos son suministrados en más del 80-85% por China, lo que supone un alto riesgo para su comercio. Desde hace ya bastantes años se conoce de la presencia en España de estos elementos; en concreto, la Empresa Nacional ADARO detectó su presencia en los años 80, y la empresa Quantum Minería realizó en los años 2015-2017 la exploración minera de recursos de estos elementos

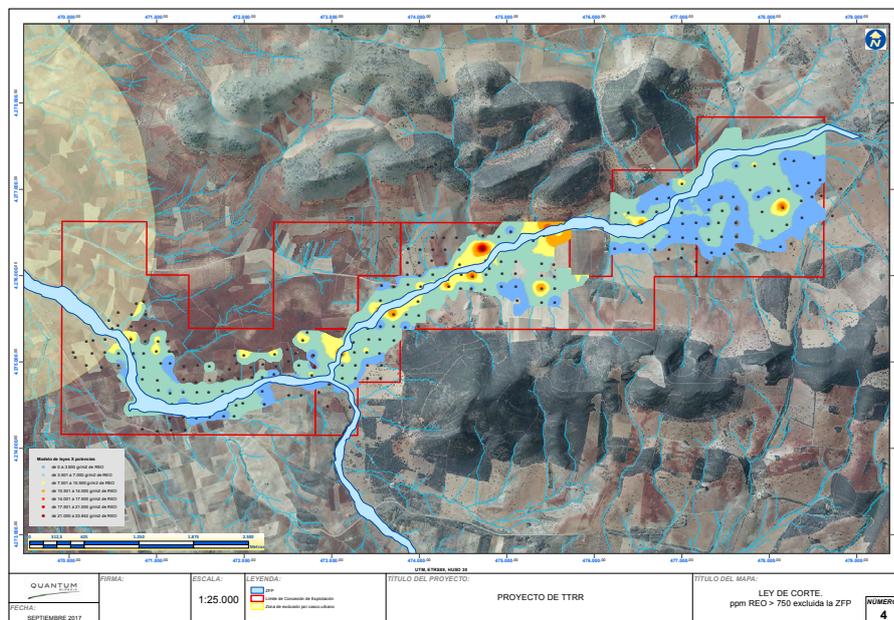


Fig. 1. Zona de interés minero del yacimiento. En rojo se delimitan las áreas a explotar, excluyendo la zona de rambla y de áreas protegidas locales. Imagen cedida por la empresa Quantum Minería.

en el SE de la Provincia de Ciudad Real (Fig. 1), localizando reservas explotables en una zona comprendida en los términos municipales de Torrenueva y Torre de Juan Abad ([https://elpais.com/politica/2015/05/10/actualidad/1431274081\\_028653.html?rel=mas](https://elpais.com/politica/2015/05/10/actualidad/1431274081_028653.html?rel=mas)). Sin embargo, al anunciarse el descubrimiento se produjo un intenso movimiento social en contra de las explotaciones, que aún se mantiene vivo ([https://www.eldiario.es/clm/Plataforma-](https://www.eldiario.es/clm/Plataforma)

UCLM-Catedra-Quantum-Mineria\_0\_788471378.html), a pesar de que los estudios científicos y técnicos avalan los escasos riesgos que supone la explotación que se plantea para estos recursos (<https://www.lanzadigital.com/provincia/la-uclm-reune-a-partidarios-y-detractores-de-la-mineria-de-tierras-raras/>).

La monacita es un fosfato complejo, del grupo del apatito, mineral éste que constituye mayoritariamente el esqueleto de los mamíferos. En

	Mínimo	Máximo	Media
<b>CeO<sub>2</sub></b>	44,41	45,74	<b>45,05</b>
<b>Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,34	0,66	<b>0,44</b>
<b>Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<0,01	0,08	<b>0,03</b>
<b>Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,76	0,94	<b>0,83</b>
<b>Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,86	2,39	<b>2,12</b>
<b>Ho<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,02	0,12	<b>0,08</b>
<b>La<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	18,22	16,61	<b>17,52</b>
<b>Lu<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<0,01	<0,01	<b>&lt;0,01</b>
<b>Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	20,28	24,13	<b>22,65</b>
<b>Pr<sub>6</sub>O<sub>11</sub></b>	5,67	6,01	<b>5,87</b>
<b>Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	3,93	5,38	<b>4,48</b>
<b>Tb<sub>4</sub>O<sub>7</sub></b>	0,14	0,25	<b>0,21</b>
<b>Tm<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<0,01	0,05	<b>0,03</b>
<b>Y</b>	0,57	0,79	<b>0,64</b>
<b>Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,01	0,10	<b>0,05</b>
<b>Total</b>	96,21	103,25	<b>100</b>
<b>%TREO</b>	35,60	58,55	<b>51,08</b>

Tabla I. Composición química de la monacita presente en la zona de Torrenueva.

concreto, la monacita es el fosfato “de tierras raras”, es decir, de ese grupo de elementos que recibe esa confusa e incierta denominación: confusa porque parece hacer referencia dos caracteres que resultan chocantes, e incierta, porque ni son tierras ni son raras. El apelativo de “tierras” se refiere a la antigua denominación de óxidos en inglés; el de “raras”, por su presunta escasez, que no es tal, ya que son elementos ampliamente presentes en muchos minerales formadores de rocas, pero casi siempre como componentes muy minoritarios. Solamente se concentran formando dos minerales de los que podemos extraerlos: la monacita (el fosfato) y la bastnasita (el carbonato). Pero en realidad estas presuntas tierras presuntamente raras son elementos que constituyen un grupo peculiar en la Tabla Periódica de los Elementos: corresponden a los denominados “lantánidos”, que junto con los “actínidos”, se representan aparte, aunque no lo parece. En realidad, deberían representarse en una Tabla 3D, en la que estos dos grupos serían columnas verticales que saldrían desde las posiciones del

lantano y del actinio; y es que la Tabla Periódica está elaborada sobre la base de semejanzas en la configuración electrónica, y estos dos grupos comparten una configuración que los hace similares entre sí, aunque no tan distintos de los que componen la columna 2 en la que se sitúan, bajo escandio e ytrio.

Esta configuración electrónica peculiar hace que los iones de lantánidos y actínicos puedan presentar la misma valencia y similar radio iónico. Y ello favorece que, a diferencia de otros minerales, en los que suele haber un componente aniónico simple (por ejemplo, el sulfato o fosfato) y un componente catiónico también simple (calcio, magnesio, hierro, plomo...), en la monacita podemos encontrar como componente catiónico a todos los elementos del grupo de los actínidos, además de ytrio, y de algunos actínidos, como torio y uranio. Habitualmente, en cada localidad la monacita tendrá una composición determinada, en la que predominará uno u otro elemento del grupo.

Desde el punto de vista cristalográfico, la monacita cristaliza en el sistema Monoclínico, aunque sus

cristales no son muy comunes. Su dureza es intermedia a alta (5-5,5), como su densidad (4,6 a 5,4 g/cm<sup>3</sup>).

Los yacimientos de monacita pertenecen a dos tipos: yacimientos primarios de tipología hidrotermal, en los que encontramos la variedad mineralógica conocida como “monacita amarilla”, que suele aparecer formando cristales o masas cristalinas; y yacimientos sedimentarios, en los que la monacita característica es la denominada “monacita gris”, que suele corresponder a pequeños granos minerales retrabajados por la erosión fluvial (Fig. 2). Estas acumulaciones, correspondientes a la tipología encontrada en La Mancha, procederían de la presencia previa de tales granos minerales en pizarras de edad Ordovícico medio. La razón de su presencia en estas pizarras sigue siendo objeto de debate, pero resulta evidente que la erosión de estos materiales pizarrosos produce la liberación de la monacita y su concentración en arenas aluviales recientes. Y es que la monacita es un mineral muy inerte desde el punto de vista de su resistencia a la meteorización, al igual que las pepitas de oro, que proceden de orígenes inciertos, pero se concentran en mayor o menor grado en sedimentos fluviales, donde estos minerales, que constituyen los yacimientos de tipo “placer”, pueden ser explotados aprovechando su contraste de densidad con la mayor parte de los componentes minerales del sedimento (cuarzo, feldspatos, arcillas), cuya densidad es inferior a 3 g/cm<sup>3</sup>.

Este carácter de mineral capaz de resistir los efectos de la erosión química o meteorización hacen que tenga un comportamiento químico muy inerte. Otros minerales se disuelven, se hidrolizan, o se oxidan, con lo cual sus componentes, aniónicos y catiónicos, quedan a disposición de las aguas superficiales, generando problemas de contaminación, o, cuanto menos, incrementando la salinidad de los medios acuosos naturales. Por ejemplo, su facilidad para meteorizarse hace que la pirita, simple sulfuro de hierro, y mineral muy común en muchos yacimientos de minerales metálicos, al entrar en contacto con el agua y el oxígeno atmosférico, se disocie con

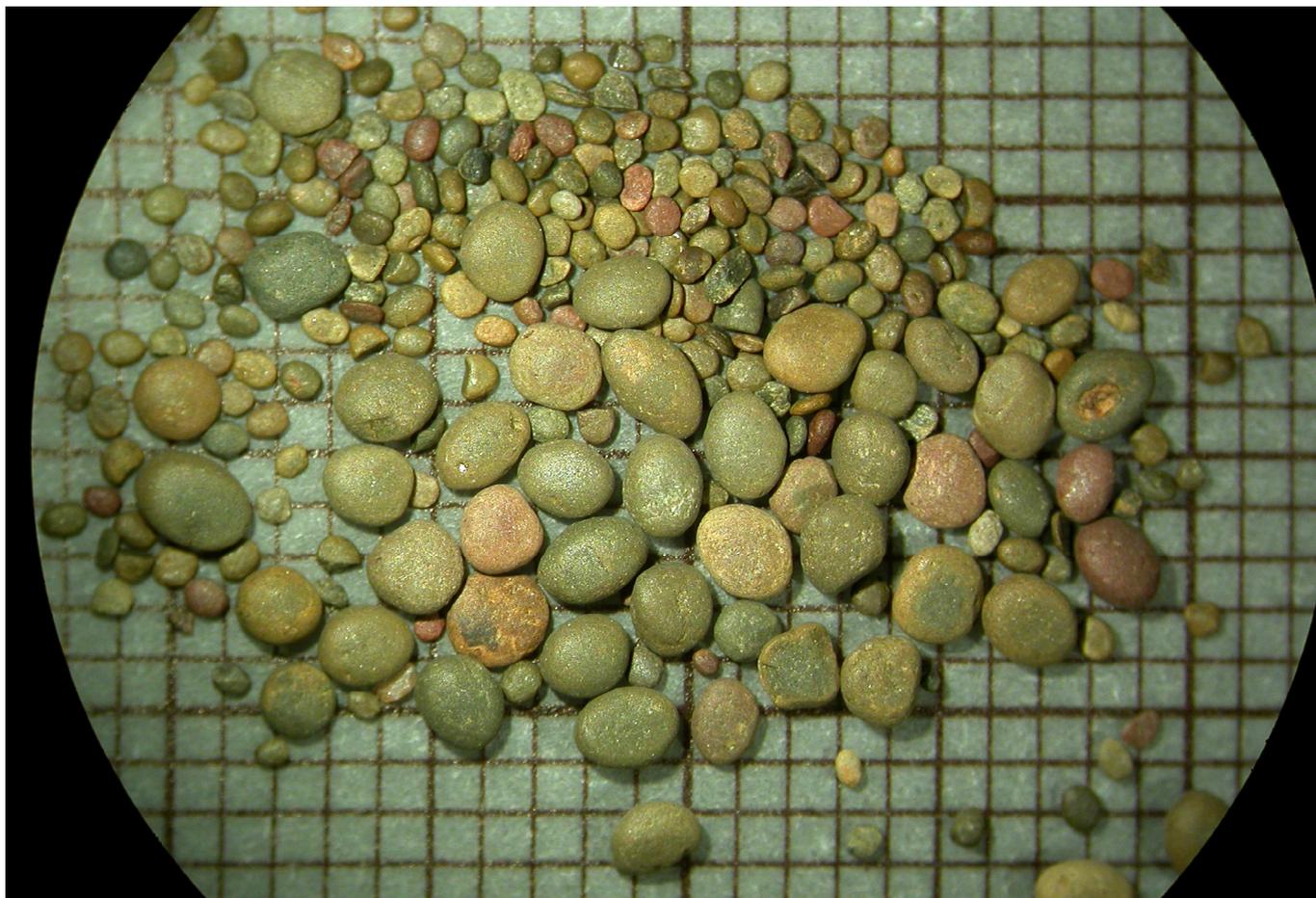


Fig. 2. Aspecto de los pequeños nódulos de monacita de la zona de Torrenueva. La cuadrícula de fondo es de 1x1 mm.

facilidad en sus componentes aniónico (sulfuro, que se oxida a sulfato) y catiónico ( $\text{Fe}^{2+}$ , que se oxida a  $\text{Fe}^{3+}$ ). Este hecho produce un grave efecto ambiental, con la formación del denominado Drenaje Ácido de Mina, del que el río Tinto (Huelva) es uno de los mejores ejemplos a nivel mundial, al proceder de la alteración de pirita de toda la denominada Faja Pirítica Ibérica. Por su parte, la alta resistencia a meteorizarse de la monacita supone que, por mucho tiempo que este mineral permanezca en contacto con el agua y el oxígeno atmosférico, sus componentes permanecerán formando parte del mineral, sin generar iones solubles que puedan representar un riesgo ambiental.

Por su parte, las “tierras raras” contenidas en la monacita no tienen efectos ambientales negativos que se conozcan, a pesar de que son elementos que podrían haber provocado efectos en la salud en caso de que tuvieran una cierta toxicidad.

La dispersión en el medio de elementos como cerio, neodimio, etc., es un hecho constatado, e inevitable puesto que son elementos tanto ampliamente distribuidos en minerales como con variadas aplicaciones industriales. La excepción a esto son los elementos radioactivos que la monacita puede contener, y que son, como ya se ha mencionado, uranio y torio. Ahora bien: ¿Cuáles serían los riesgos reales relacionados con la presencia de estos elementos en la monacita? Serían de dos tipos: por un lado, la posibilidad de que la descomposición de la monacita durante la meteorización liberase estos elementos, que pasarían al medio acuoso, produciendo un efecto tóxico en las aguas afectadas. Este riesgo queda minimizado por el hecho contrastado y verificado de que la meteorización de la monacita es prácticamente nula en la atmósfera terrestre. El otro riesgo es el de la manipulación del mineral, o de con-

centrados de este; se han descrito casos de toxicidad en mineros de yacimientos de monacita amarilla en Rusia, relacionados con los altos contenidos de estos elementos en esta variedad del mineral. Ciertamente es un riesgo que afecta a las monacitas que puedan tener estos altos contenidos, y que afectaría a los trabajadores de este tipo de explotaciones mineras. La posibilidad de que la explotación minera suponga un riesgo laboral debe ser adecuadamente valorada mediante la caracterización de contenidos de elementos radioactivos en el mineral que, en caso de suponer un riesgo real, debe suponer que la explotación se realice bajo la supervisión de la administración a través de sus órganos competentes que, en el caso de España, es el Consejo de Seguridad Nuclear. De acuerdo con los datos de que se dispone las monacitas existentes en la zona tienen concentraciones de U y Th del orden de 0,20%, frente a las concentraciones de entre el 5 y el 25% de las monacitas amarillas de origen hidrotermal. ●