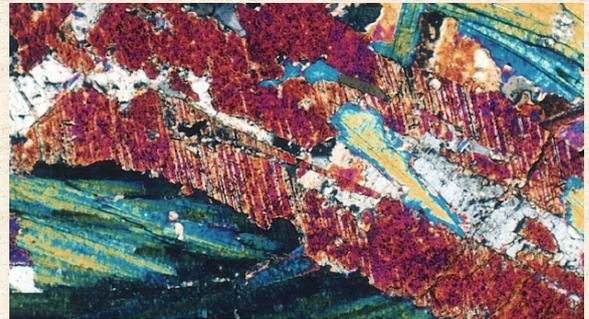


LA GEOLOGÍA ES NOTICIA

LA FIEBRE DEL LITIO

En busca de un elemento clave para la movilidad eléctrica

Encarnación Roda Robles y
Pedro Pablo Gil Crespo _____ (p. 112)



INNOVACIÓN EN LA DIVULGACIÓN DE LA GEOLOGÍA

Propuestas inclusivas hechas por estudiantes para estudiantes

Alejandra García-Frank,
Omid Fesharaki y Ana Rodrigo _____ (p. 116)



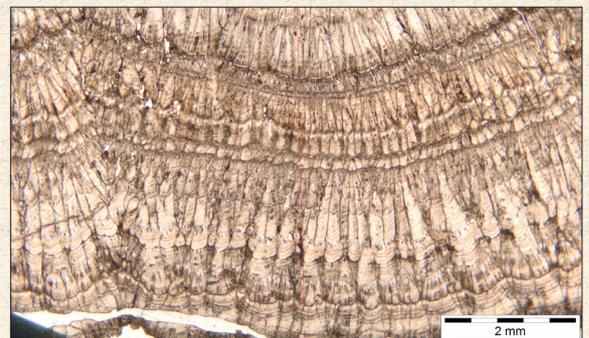
La trágica avenida que arrasó Sant Llorenç, Mallorca

Pedro A. Robledo Ardila _____ (p. 119)



Tobas carbonáticas como resultado del riego con aguas subterráneas ricas en CO₂ de origen volcánico

Álvaro Rodríguez Berriguete, Ana María Alonso Zarza,
Rebeca Martín García y María del Carmen Cabrera _____ (p. 122)



Olimpiadas de Geología: ¡Cumplimos 10 años!

Amelia Calonge García (p. 125)

LA FIEBRE DEL LITIO

En busca de un elemento clave para la movilidad eléctrica

ENCARNACIÓN RODA ROBLES Y
PEDRO PABLO GIL CRESPO

Dpto. Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco, UPV/EHU

El litio es el elemento químico metálico más ligero de la tabla periódica. Su bajo peso, en combinación con una reactividad química elevada, permiten que este elemento sea un componente ideal de las baterías eléctricas de alto rendimiento. Los acumuladores fabricados con este metal son menos pesados, más pequeños, proporcionan más energía y presentan mayor durabilidad que los que contienen plomo, cobre, vanadio o aleaciones de níquel y zinc.

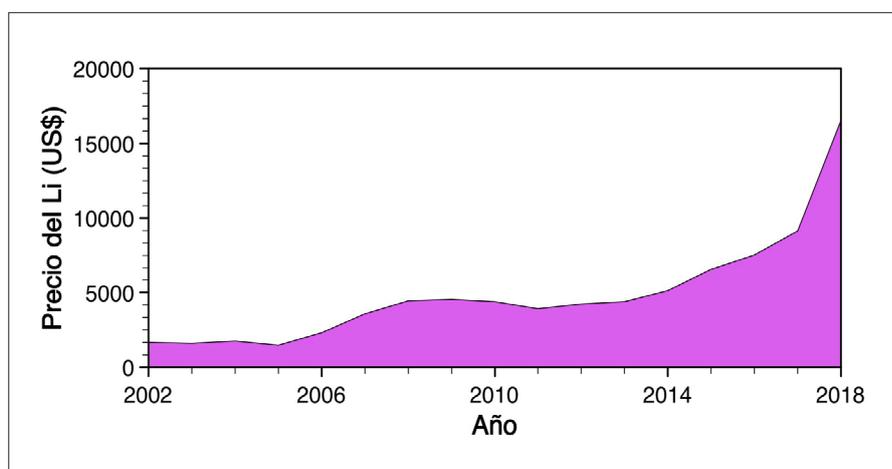


Fig. 1. Evolución del precio del litio (por tonelada) para el periodo 2002-2018 (a partir de datos de Metalary, 2018: <https://www.metalary.com/lithium-price/>)

El desarrollo de las baterías de litio ha permitido que el coche eléctrico se convierta en una realidad que en los últimos años ha ido haciéndose hueco en el parque móvil de los países más desarrollados. Se prevé que su expansión se incremente de forma exponencial en la

dose hueco en el parque móvil de los países más desarrollados. Se prevé que su expansión se incremente de forma exponencial en la

Mineral		Fórmula	Li ₂ O (wt. %)	Li (wt. %)
Silicatos	Espodumena	LiAlSi ₂ O ₆	8.03	3.73
	Lepidolita	K(Li,Al) ₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (F,OH) ₂	7.7	3.58
	Zinnwaldita	KLiFe ²⁺ Al(AlSi ₃)O ₁₀ (F,OH) ₂	3.42	1.59
	Petalita	LiAlSi ₄ O ₁₀	4.5	2.09
	Elbaita	Na(Li,Al) ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄	4.07	1.89
Fosfatos	Trifilita-Litiofilita	Li(Fe ²⁺ , Mn ²⁺)PO ₄	9.47	4.40
	Amblygonita-Montebrazita	(Li,Na)Al(PO ₄)(F,OH)	7.4	3.44
	Ferrisicklerita-Sicklerita	Li _{1-x} (Fe ⁺⁺⁺ _x Mn ⁺⁺ _{1-x})PO ₄	< 9.47	< 4.40

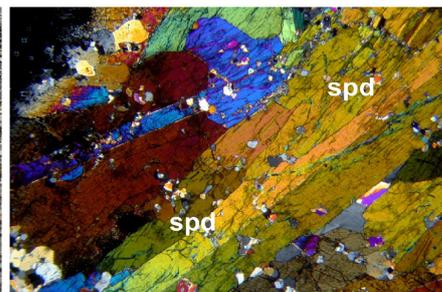
Tabla I. Principales minerales portadores de litio, asociados generalmente a rocas pegmatíticas, y su contenido ideal en este metal en % en peso.

próxima década, hasta alcanzar los 24,4 millones de unidades en 2030 (Shankleman et al., 2017). Todo ello ha contribuido a que el litio se haya convertido en un elemento estratégico. Ya en el año 2010 fue declarado elemento crítico por la Unión Europea y por el U.S. Department of Energy's Critical Materials Strategy, y desde 2011 se considera un elemento clave para las conocidas como "tecnologías verdes", por la Materials Research Society de los Estados Unidos (Bradley et al., 2017). El aumento exponencial de su demanda en la última década ha sido paralelo al aumento de su precio (> 47% desde el año 2015) (Fig. 1). Todo ello ha desatado una auténtica "fiebre del litio", que ha hecho que compañías mineras de todo el mundo se lancen a la búsqueda de este elemento químico en una carrera sin precedentes.

El litio es relativamente abundante en la naturaleza, presentándose principalmente como un elemento traza dentro de minerales silicatados constituyentes de rocas "duras". El litio también puede aparecer concentrado en minerales que presentan altos contenidos de este metal, generalmente en rocas de tipo pegmatítico, entre los que cabe destacar los silicatos espodumena, petalita, lepidolita y zinnwaldita, y los fosfatos ambligonita-montebrosita y trifilita-litiofilita (Tabla 1, Fig. 2). Asimismo, se puede presentar en forma de sales en salmueras y evaporitas asociadas por lo general a regiones continentales áridas con actividad ígnea y/o hidrotermal (Munk et al., 2016). Aunque las reservas mundiales de este metal son mayores en estos últimos depósitos, en la actualidad el litio que se explota en el mundo se extrae a partes iguales de rocas pegmatíticas y de salares. La distribución de estos dos tipos de yacimientos es muy desigual (Fig. 3). Los principales salares se concentran en Sudamérica (Chile, Bolivia y Argentina), Estados Unidos (Nevada) y China; en contraste con las rocas pegmatíticas, que son más abundantes y comunes en muchas regiones del mundo, principalmente asociadas



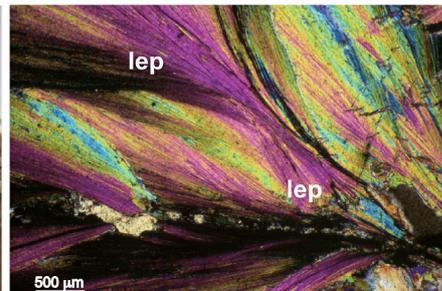
Espodumena, con su exfoliación característica (Fregeneda-Almendra)



Microfotografía de cristales de espodumena primaria



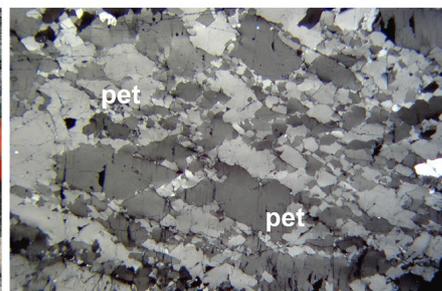
Lepidolita + feldespato potásico (cantera de Mina Feli)



Microfotografía de cristales de lepidolita en abanico



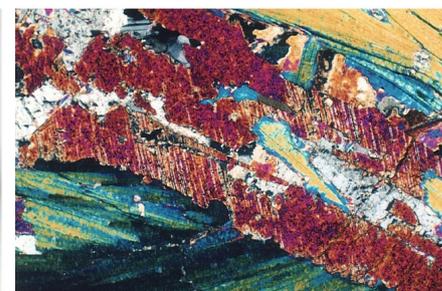
Cristales de petalita (La Fregeneda-Almendra)



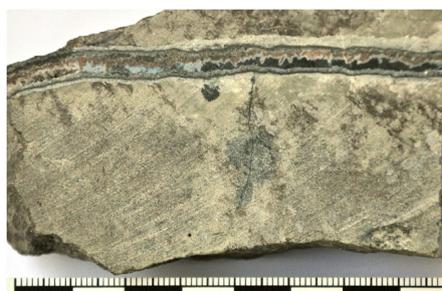
Microfotografía de cristales de petalita, con textura granoblástica



Montebrosita (blanco), reemplazada por lacroixita (azul) de Valdeflores



Microfotografía de montebrasita (La Fregeneda-Almendra)



Trifilita masiva de la (cantera Elena I)



Microfotografía de trifilita con lamelas de sarcopsido (cantera Elena I)

Fig. 2. Fotografías de los principales minerales litíferos asociados a distintas mineralizaciones de litio del oeste español (izquierda en afloramiento o muestra de mano y derecha el mismo mineral observado bajo microscopio petrográfico).

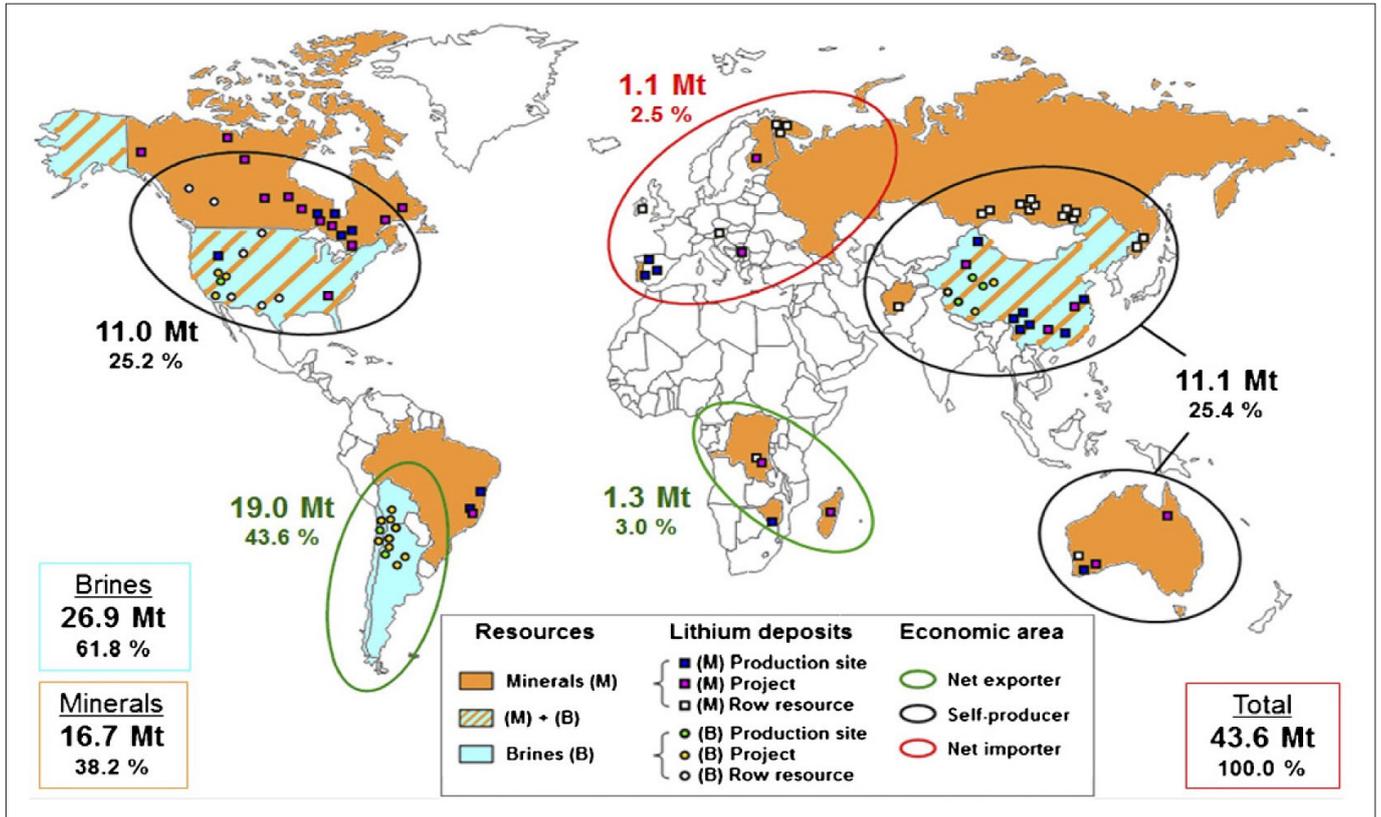


Fig. 3. Disponibilidad de recursos de litio e impacto geoestratégico (Grosjean et al., 2012).

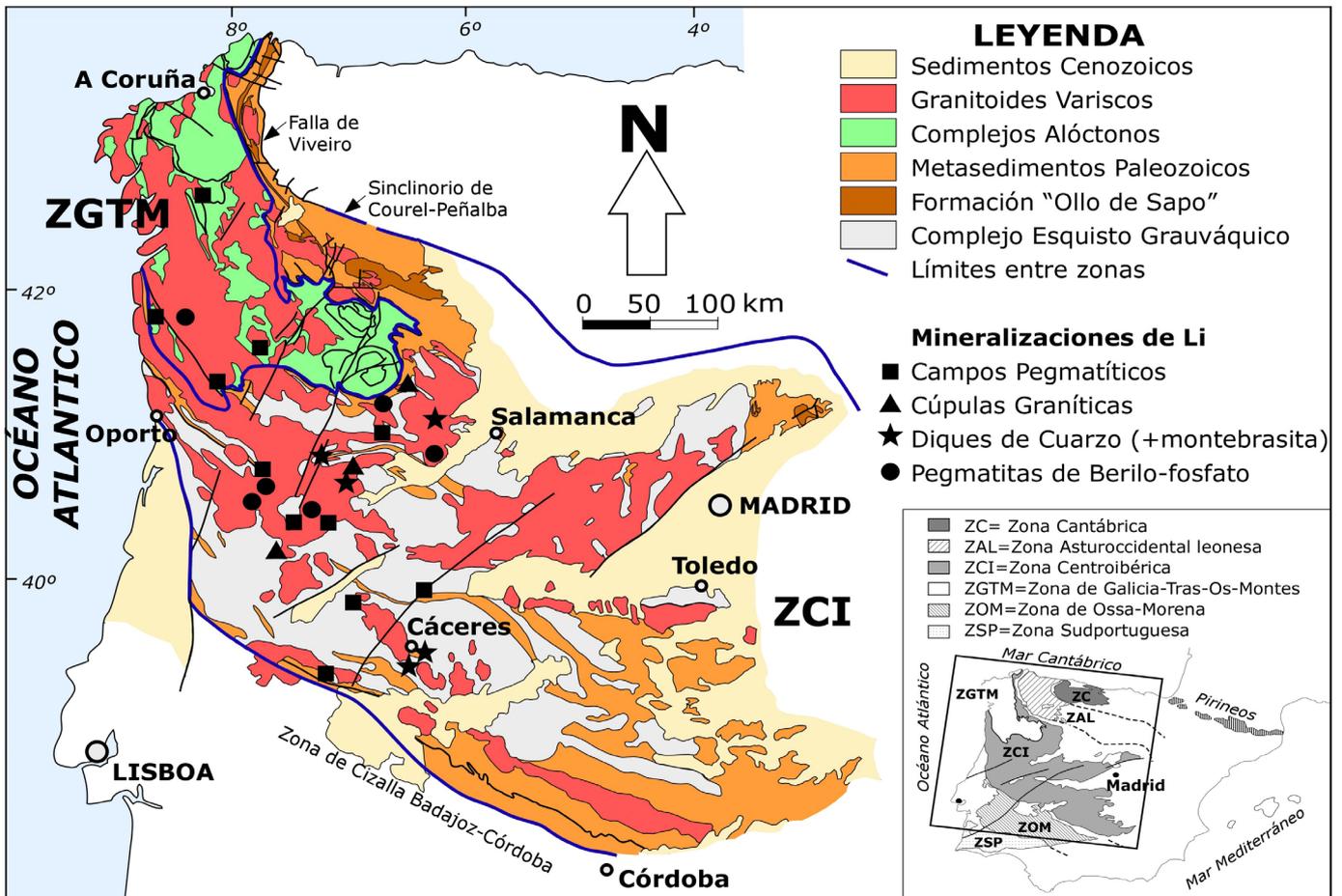


Fig. 4. Distribución por tipos de las principales mineralizaciones de litio de la Zona Centro Ibérica de la península ibérica (para más información, ver Roda-Robles et al., 2016).

a terrenos graníticos (Simmons et al., 2003; London, 2008). Las pegmatitas litiníferas más importantes conocidas hasta el momento se encuentran en Australia, China, Zimbawe, Canadá y Brasil. Dentro del grupo de países que cuentan con reservas importantes de litio se puede incluir también a España y Portugal donde, además de otros tipos de mineralizaciones de litio de menor entidad, existen varios campos de pegmatitas constituidos por decenas a centenas de diques pegmatíticos, algunos de ellos con contenidos superiores al 1% en peso de Li_2O (Fig. 4). En la actualidad en el país vecino se encuentran en explotación o en fase avanzada de exploración varios proyectos mineros para la extracción del litio (p.ej. Sepeda, Almendra y Gonçalo), algunos de ellos muy cerca de la frontera con nuestro país. Uno de estos campos pegmatíticos, el de Fregeneda-Almendra, se extiende también por el occidente español, en la provincia de Salamanca. Aunque en esta zona de España existen dos minas para la extracción de feldespato y litio para la industria cerámica, en la actualidad no existe

ninguna mina en activo en nuestro territorio para la explotación de litio para la fabricación de baterías. Sin embargo, al igual que Portugal, España cuenta con importantes concentraciones de este elemento en mineralizaciones asociadas principalmente a pegmatitas y, en menor medida, a diques hidrotermales y a su roca encajante metasomatizada (Fig. 4) (Pesquera et al., 1999; Roda-Robles et al., 2016, 2018).

Dada la alta demanda de este metal, todos estos yacimientos están siendo objeto de un estudio exhaustivo por diversas compañías mineras, con resultados altamente prometedores en algunos casos. Sin embargo, la alta sensibilización de la ciudadanía por el medio ambiente, combinada, quizás, con una falta de información sobre las legislaciones mineras vigentes en Europa para la protección del medio físico en el que se desarrollan las actividades mineras (obligatoriedad de presentar proyectos de restauración, etc.), han impedido, hasta el momento, que ninguna de estas campañas de exploración siga adelante. En este sentido, el litio se integra dentro del

eterno dilema, conocido actualmente como “NIMBY” (de las siglas en inglés de la expresión “Not In My Back Yard” que podemos traducir como “no en mi patio trasero”, que afecta a muchos aspectos de nuestra sociedad y de forma muy importante a las actividades mineras). Esta oposición no cuestiona la minería como actividad, pero sí su cercanía. Por otro lado, es evidente la necesidad de la extracción de recursos. Sin duda alguna necesitamos metales, minerales y rocas industriales para el desarrollo de nuestra vida cotidiana, pero no queremos los efectos nocivos de esta actividad, tan antigua como el ser humano, en nuestro entorno. Mientras tanto, seguimos utilizando nuestros teléfonos móviles, tabletas y ordenadores (todos ellos alimentados por baterías de litio) para convocar, vía redes sociales, nuevas protestas contra la apertura de una mina de este (o cualquier otro) producto minero cerca de nuestra casa. El debate sigue abierto. ●

REFERENCIAS

- Bradley, D.C., Stillings, L.L., Jaskula, B. W., Munk, L.A. y McCauley, A.D. (2017). Lithium. Chapter K of Critical Mineral Resources of the United States—Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply. *USGS Professional Paper* 1802-K. 34 pp.
- Grosjean, C., Miranda, P. H., Perrin, M. y Poggi, P. (2012). Assessment of world lithium resources and consequences of their geographic distribution on the expected development of the electric vehicle industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1735-1744.
- London, D. (2008). Pegmatites. *The Canadian Mineralogist*, Special Publication 10. (Martin R. F., eds.), Québec, Canadá.
- Metalary (2018). <https://www.metalary.com/lithium-price/>
- Munk, L.A., Hynek, S. A., Bradley, D.C., Boutt, D., Labay, K. y Jochens, H. (2016). Lithium brines: a global perspective. *Reviews in Economic Geology*, 18, 339-365.
- Pesquera, A., Torres-Ruiz, J., Gil-Crespo, P.P. y Vellilla, N., (1999). Chemistry and genetic implications of tourmaline and Li-F-Cs micas from the Valdeflores area (Cáceres, Spain). *American Mineralogist*, 84(1-2), 55-69.
- Roda-Robles, E., Pesquera, A., Gil-Crespo, P. P., Vieira, R., Lima, A., Garate-Olave, I., Martins, T. y Torres-Ruiz, J. (2016). Geology and mineralogy of Li mineralization in the Central Iberian Zone (Spain and Portugal). *Mineralogical Magazine*, 80, 103-126.
- Roda-Robles, E., Villaseca, C., Pesquera, A., Gil-Crespo, P. P., Vieira, R., Lima, A. y Garate-Olave, I. (2017). From granites to highly evolved pegmatites: the case study of the Li-aplite-pegmatites from the Central Iberian Zone (Spain and Portugal) and its implications for the European Variscan Belt. *PEG2017 Book of Abstracts. Abstracts and Proceedings of the Geological Society of Norway*, 2, 103-106.
- Shankleman, J., Biesheuvel, T., Ryan, J. y Merrilhttps, D. (2017). <https://www.bloomberg.com/graphics/2017-lithium-battery-future/>
- Simmons, W.B., Webber, K.L., Falster, A.U. y Nizamoff, J.W. (2003). *Pegmatology: Pegmatite mineralogy, petrology and petrogenesis*. Rubellite Press, New Orleans, Louisiana, United States, 176.