

## ¿Habrá suficientes minerales para el futuro que queremos construir?

### ¿Qué queríamos saber?

El ser humano cada vez extrae más minerales de la corteza terrestre para recuperar los valiosos metales que contienen y que se emplean en distintas aplicaciones. Por ejemplo, la producción de hierro se ha multiplicado por dos en apenas diez años y la de plomo ha aumentado un 50% en ese mismo periodo de tiempo. Si continúa aumentando, como parece, la demandad de materiales, existe una cierta preocupación sobre si habrá suficientes materias primas para poder cubrirla. En respuesta, diversas organizaciones y gobiernos han comenzado a analizar la disponibilidad desde múltiples perspectivas.

Una de las muchas maneras de evaluar cómo podría ser esa disponibilidad futura de materias primas es mediante el pico de Hubbert, una metodología que se ha utilizado ampliamente para calcular el pico máximo de producción y agotamiento de los combustibles fósiles.

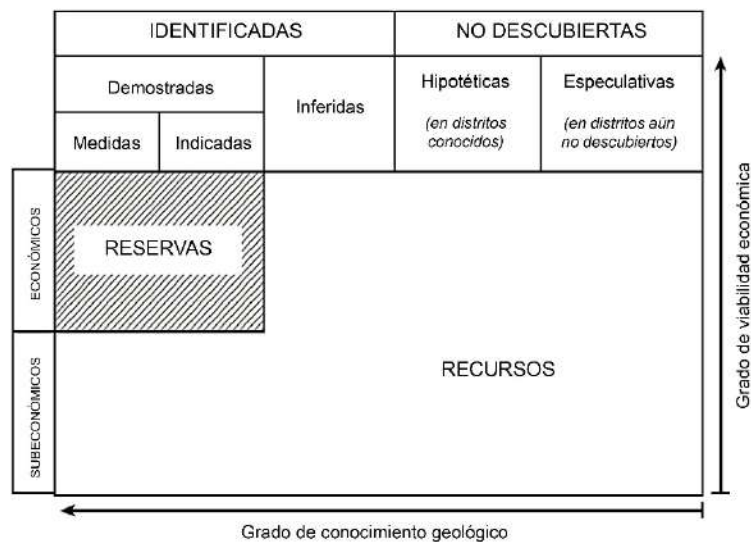
En este trabajo queríamos saber si este mismo análisis se puede aplicar a otras materias primas, en concreto, los minerales. Para ello, se hizo una estimación de cómo podría ser la producción futura de distintos metales y cuándo podría tener lugar ese pico máximo de producción. También se ha querido estudiar en detalle qué podría suceder con el litio, un elemento crucial para la transición energética.

### ¿Cómo lo hemos hecho?

La extracción está limitada por la cantidad de minerales presentes en la corteza, que depende de los recursos y las reservas. Dado que no podemos analizar con detalle ni acceder a la totalidad de la corteza terrestre, estas cifras se suelen basar en estimaciones realizadas por distintos servicios geológicos y empresas mineras. Una de las formas de clasificar la cantidad de material disponible es el diagrama de McKelvey, empleado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, que se basa en la relación entre la viabilidad económica de explotar un yacimiento (factibilidad) y el nivel de confianza de los datos geológicos disponibles (grado de conocimiento geológico).

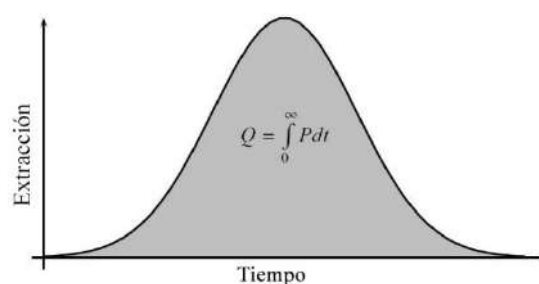
La disponibilidad de los minerales se puede agrupar en dos grandes categorías: reservas y recursos (ver Figura 1). En el caso de los recursos, el grado de conocimiento geológico puede variar considerablemente, en esta definición incluso se incluyen aquellos depósitos o zonas en las que se cree que hay mineral pero que no han sido estudiadas todavía. En el caso de las reservas sí que se dispone de información detallada de la ubicación concreta, concentración, cantidad de mineral que se podría extraer, entre otros.

Figura 1. Clasificación de los recursos y reservas minerales (versión simplificada del diagrama de McKelvey).



Una forma de predecir cómo será el comportamiento de la producción de los minerales es mediante el modelo del pico de Hubbert. Según M. King Hubbert, un geofísico estadounidense que trabajaba para una compañía petrolífera, la producción de cualquier recurso que no sea renovable sigue una curva en forma de campana en la que se pueden distinguir tres fases principales. La primera sería de crecimiento, en la que la producción aumenta rápidamente, luego alcanzaría un pico (segunda fase), también llamado punto máximo de producción, que sería el punto en el que se ha extraído la mitad del total disponible (ver Figura 2). A continuación, en la tercera fase, la curva de producción empezaría a bajar, incluso aunque la demanda siguiera creciendo, hasta agotarse el recurso.

Figura 2. Curva en forma de campana que sigue el ciclo de extracción de cualquier recurso no renovable según la teoría de M. K. Hubbert.



Se trata de un modelo dinámico que tiene en cuenta la producción acumulada del mineral (lo que se ha extraído históricamente, desde que se tienen registros) y las estimaciones futuras de lo que se podría llegar a extraer, que pueden ser las reservas o los recursos, en función de la información disponible. Como en todos los modelos, los resultados obtenidos son aproximaciones que dependen de la fiabilidad de los datos de partida, por lo que los resultados finales y la curva podrían cambiar.

Hubbert usó su modelo para los combustibles fósiles, que se destruyen cuando se consumen, pero esto no sucede así con los minerales, que no desaparecen tras su extracción, sino que transforman, se extraen los elementos que contienen e incluso

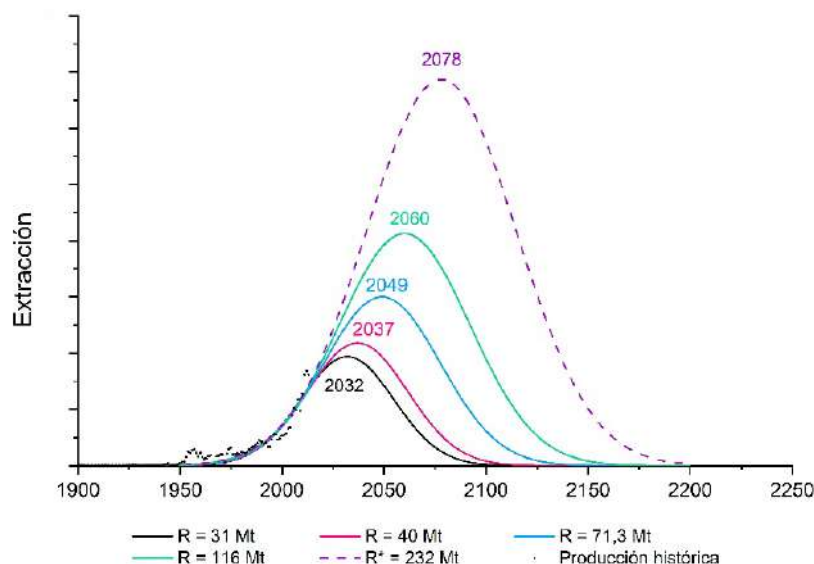
algunos de esos elementos se pueden reciclar y volver a utilizar. Además, en muchas explotaciones minerales no se extrae un único metal o mineral, sino que suelen aparecer varios juntos. Por ejemplo, la esfalerita es la principal mena de zinc, y puede contener pequeñas cantidades de indio o germanio. La producción de estos elementos viene limitada, por tanto, por la producción de la demanda del metal principal. Es decir, la disponibilidad futura no depende solo de la apertura de nuevas minas, sino también de lo que ya está en uso y se podría volver a emplear, así como de nuevos descubrimientos de depósitos minerales, mejoras en la tecnología de extracción o el precio de venta, entre otros.

Sea como sea, estas curvas van a poder darnos información aproximada sobre posibles tendencias y límites futuros teniendo en cuenta el ritmo al que se han ido extrayendo y lo que se piensa que podría quedar en la corteza terrestre.

¿Qué hemos obtenido?

Con los datos de la producción acumulada desde el año 1900 hasta la actualidad y tras recopilar datos de recursos de litio de diferentes fuentes, se ha podido hacer una estimación de cuando se alcanzaría la máxima producción y cuándo empezaría a disminuir (ver Figura 3).

Figura 3. Curvas del modelo de Hubbert aplicado al litio, usando distintas estimaciones de recursos disponibles en la bibliografía (R1 a R4; R\* sería una sobre-estimación, duplicando la cifra de R4).



A pesar de que las estimaciones de recursos de litio que se han tenido en cuenta varían considerablemente, desde 31 millones de toneladas hasta 116 millones de toneladas, el pico máximo de producción se retrasaría tan solo unos 30 años si se comparan ambos extremos. Incluso si duplicásemos la cifra de recursos más optimista, el pico máximo de

producción tan solo se retrasaría apenas unas dos décadas. Esto ayuda a comprender mejor que el crecimiento exponencial de la demanda tiene un impacto mucho mayor en la fecha en la que se puede producir el pico máximo de producción que la incertidumbre de la cantidad total de recursos existentes en la corteza terrestre. Es decir, el ritmo al que crece la demanda influye mucho más en la fecha del pico.

En el caso de las demás sustancias analizadas en el artículo, algunos minerales ya habrían alcanzado su pico teórico de máxima producción, como el oro o el antimonio, una docena tendría su pico máximo de producción en los próximos 50 años, como el bismuto, el níquel o la plata, y en algunos casos este sería dentro de 100 años o más. Para las tierras raras, un grupo de elementos químicos que tiene importantes aplicaciones tecnológicas, el pico máximo se situaría más alejado en el tiempo. En este caso, la información que se dispone de reservas y recursos suelen ser estimaciones muy genéricas. Las tierras raras, a pesar de lo que su nombre indique, no son tan raras en la corteza terrestre pero el principal problema es que el proceso de extracción, y especialmente el de procesado y refinado, es muy contaminante. Además, aunque no influya directamente en la fecha del pico máximo de producción, la concentración de la producción y las reservas en tan solo unas pocas regiones añade una dimensión adicional de vulnerabilidad.

Todos estos cálculos de picos máximos de producción son una aproximación. Este modelo describe cómo evoluciona de manera simétrica la producción de un consumo no renovable con el paso del tiempo. En el caso de los minerales, pueden producirse diversos cambios debido a cuestiones de tipo geopolítico, social, comercial o incluso tecnológico, por ello, no suele tener siempre esa forma de campana perfecta, sino que pueden existir fluctuaciones o incluso aparecer picos intermedios. Además, por norma general, en las explotaciones mineras resulta más rentable explotar aquellos lugares en los que la concentración del mineral es más elevada, quedándose a veces zonas mineralizadas sin explotar porque no es económicamente viable hacerlo en ese momento.

Y todo esto, ¿para qué?
-------------------------

El modelo del pico de Hubbert, aunque simplificado, puede servir como una herramienta para identificar qué minerales podrían volverse más escasos en las próximas décadas o incluso llegar a generar problemas de suministro. Los resultados no implican que vayan a desaparecer de la Tierra estos minerales tras haber pasado el pico máximo de producción, sino que su extracción será progresivamente más costosa, más difícil y con un mayor consumo energético y un mayor impacto ambiental asociado.

El debate debe centrarse no solo en "cuánto queda" sino también en "a qué ritmo lo consumimos". Este análisis funciona como un indicador de alerta temprana que debe impulsar la implementación de medidas de gestión y consumo responsable de los recursos, porque estamos muy acostumbrados a hablar de reducir el uso y reciclar materiales como el plástico, el papel o el vidrio, pero se suelen dejar de lado otros que no dejan de ser igualmente importantes, como es el caso de los minerales y los metales que de ellos se extraen.

Esto se puede hacer alargando la vida útil de aquellos productos que requieran una gran cantidad de metales (como los aparatos eléctricos y electrónicos), mejorar su reparabilidad y reusabilidad. También mediante el ecodiseño, haciendo que sea más sencillo recuperar los materiales que los componen. Por último, cambiar los patrones de consumo ayudará a evitar la sobreexplotación y el agotamiento de los recursos, satisfaciendo las necesidades básicas de la población dentro de los límites planetarios, tal y como propone la perspectiva decrecentista.

Artículo original: Calvo, G., Valero, A. y Valero., A. (2017). Assessing maximum production peak and resource availability of non-fuel mineral resources: Analyzing the influence of extractable global resources. *Resources, Conservation and Recycling*, 125, 208-217. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.009>

Versión adaptada por Guiomar Calvo Sevillano, Javier Martínez Aznar y José Luis Fernández Casadevante.

#### **GLOSARIO:**

- Mena de un mineral: parte que contiene una cantidad suficiente de un elemento útil (como zinc, cobre, hierro, plomo, etc.) para que valga la pena extraerlo económicamente, es el “mineral aprovechable” dentro de un yacimiento.
- Producción acumulada: es la suma de la producción total de un elemento desde que se tienen registros hasta la actualidad.
- Producción primaria: cantidad de elemento que se obtiene directamente en las explotaciones mineras, desde la extracción hasta la obtención del elemento puro.
- Producción secundaria: cantidad del elemento que se obtiene mediante el reciclado o de la recuperación de metales ya usados en otros productos o residuos sin necesidad de volver a extraer nuevo mineral de las minas.
- Recursos minerales: representan toda aquella concentración de minerales en la corteza terrestre que tiene potencial de ser extraída económicamente, ya sea en el presente o en el futuro.
- Reservas minerales: son la parte de los recursos que, bajo las condiciones actuales (tecnologías de extracción disponibles, precio de venta del mineral, etc.), resultaría rentable extraer.