

# Minería en Uruguay

## Materias primas, minería y reciclaje en el mundo

Por Federico Cernuschi\*

**A pesar de la historia minera de Uruguay y de la constitución geológica de su territorio, donde se puede encontrar casi cualquier tipo de roca y minerales, gran parte de los uruguayos perciben que la minería fue y es casi inexistente y que poco ha aportado o podrá aportar al desarrollo del país. Aunque la minería no genera automáticamente desarrollo, si es planificada estratégicamente el impacto de unos pocos emprendimientos mineros puede ser trascendental para su economía.**

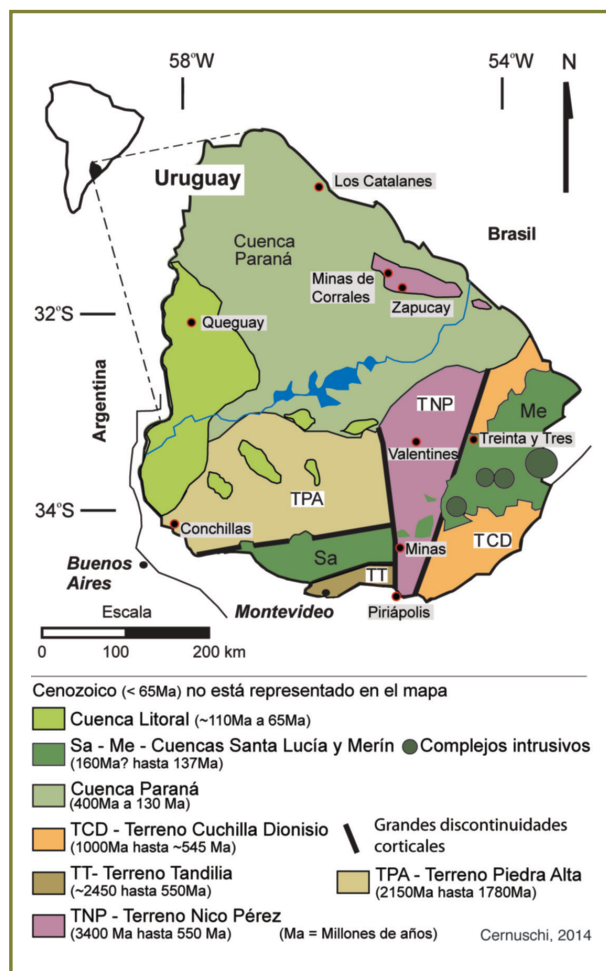
Los humanos comenzaron a utilizar rocas para hacer herramientas hace 2,8 millones de años. Ya se explotaban arcillas para alfarería 10.000 años a.C., y 6.000 años a.C. se comenzó a extraer y fundir cobre. Descubrieron, 3000 años a.C., que agregar estaño al cobre forma un compuesto más duro conocido como bronce, y diferentes civilizaciones comenzaron a fabricarlo y comercializarlo. Comenzaron a explotar y fundir hierro para hacer acero 1200 años a.C., y entonces se generalizó la minería de materiales constructivos.

Actualmente se consumen más recursos minerales que nunca y la mayoría, como cobre y hierro, se utiliza para infraestructura en el mundo no desarrollado. Nuevas aplicaciones en energías limpias, medicina, transporte y electrónica han llevado a consumir más de ellos, así como a minar otros elementos y minerales antes casi no utilizados, como los metales llamados tierras raras.

Países desarrollados como Australia, EE.UU., Canadá y Alemania se construyeron sobre la base de la minería. No obstante la minería no genera automáticamente desarrollo, existen países históricamente mineros no desarrollados, como Perú o no completamente desarrollados como Chile y Sudáfrica. Es la minería planificada estratégicamente la que contribuye al desarrollo minero y posminero de un país (1a, 1b). Para garantizar el mejor impacto, los réditos económicos tienen que ser utilizados por el gobierno para objetivos sustentables y a largo plazo en la comunidad local y en el país (1c). Esto incluye reinvertir en minería, crear industrias asociadas que agreguen valor y determinar cuáles serán las áreas estratégicas de inversión de los réditos mineros: educación, infraestructura, salud, adaptación de otras industrias al cambio climático, entre otras. (1d)

### Uruguay: país minero

A pesar de la historia minera del país, gran parte de la ciudadanía percibe que esta actividad fue y es casi inexistente, y que poco ha aportado o podrá aportar al desarrollo (2).



**Figura 1. Mapa simplificado de los principales dominios geológicos de Uruguay. [Modificado de: Bossi, J., L. A. Ferrando, J. Montaña, N. Campal, H. Morales, F. Gancio, A. Schipilov, D. Piñeyro, and P. Sprechmann. (1998): Carta geológica del Uruguay. Escala 1/500.000.]**

La minería comenzó en Uruguay en el siglo XVIII. La abundancia de materiales constructivos y calizas y la existencia de cobre y oro eran apreciadas desde esa época. El rey de España fomentó el establecimiento de poblaciones que desarrollaran la minería. Así se funda Villa Concepción de las Minas en 1784, hoy Minas, en La Vallejía. Desde ese entonces varias minas de caliza, dolomita, oro, cobre, plomo, talco, ágatas, amatistas, caolín, hierro, arenas, granitos, mármoles y fluorita se desarrollaron a lo largo del país en diferentes períodos (3). Entre estos emprendimientos, se destacan algunos:

**Ágatas y Amatistas** En 1840 comenzó la extracción de ágatas y amatistas en la zona de los Catalanes, Artigas, hoy talladas y pulidas en el propio departamento de Artigas y exportadas principalmente a Alemania, EE.UU., Brasil y China [20 000 t/año, con un valor de US\$ 9 000 000 (4)].

**Oro y plata** También en 1840 comenzó la extracción de oro y plata en Minas de Corrales, Rivera, por compañías multinacionales y capitales franceses e ingleses, entre otros. La construcción de una de las primeras represas hidroeléctricas de Sudamérica en Cuñapirú, así como de vías férreas y aerocarriles eléctricos para el transporte del mineral, lo volvieron uno de los emprendimientos mineros más desarrollados del continente. Desde 1990 fueron descubiertos nuevos yacimientos de oro en la misma zona, que hoy son explotados a cielo abierto y en minas subterráneas. Desde 1997 el distrito minero ha producido más de un millón de onzas (5) [50 mil a 100 mil oz/año, con un valor estimado de US\$ 130 millones/año]. Por el momento se estima que aún existe al menos otro millón de onzas en el distrito minero. (4)

**Sienitas** La explotación de sienitas (roca granítica) se llevó a cabo entre 1840 y 1950, en Maldonado. Estos materiales se utilizaron para revestimiento de edificios en Montevideo, Piriápolis y Buenos Aires. Uno de sus efectos secundarios fue que fomentó el desarrollo de vías de comunicación y servicios en Piriápolis y alrededores a través del megaproyecto agro-minero turístico de Francisco Piria.

**Grava, piedra partida y arena** En la actualidad se explotan estos materiales para caminería y construcción a lo largo de todo el país. Sin embargo, el ejemplo más notable se desarrolló entre 1887 y 1950, en el departamento de Colonia, por la compañía inglesa C.H. Walker & Co. que estableció su propio puerto, central eléctrica y vías férreas, y fundó el pueblo de Conchillas. Allí se minó gran parte de los materiales constructivos p. ej., grava, piedra partida y arena, con los que se construyó la ciudad de Buenos Aires, ya que dichos materiales son escasos en la margen argentina del Río de la Plata.

**Calizas** Si bien se explotan calizas desde fines del siglo XVIII, en 1900 comenzó la explotación industrial para la elaboración de cemento para construir la infraestructura del país. Varias minas en los alrededores de Minas, Treinta y Tres y Queguay

(Paysandú) hoy proveen a Uruguay de su consumo interno de cemento y cal, además de exportar a Argentina y Brasil [2 millones de toneladas cemento/año con un valor de US\$ 220 millones (4)].

**Arenas, cuarzo y fluorita** En 1914 comenzó la industria del vidrio utilizando arenas, cuarzo y fluorita minados en el país. En 1937 nació la industria cerámica que perdura hasta hoy, utilizando caolín (arcilla) extraído en Durazno.

**Hierro** En 1957 comenzó la exploración de los yacimientos de hierro de la zona de Valentines, Florida, primero por el Instituto Geológico y la Facultad de Química, que más tarde continuaron con el apoyo de la ONU. Se encontraron 60 megatoneladas de roca con 35 % de hierro; sin embargo, la explotación nunca se concretó y estos yacimientos quedaron en el olvido. Recientemente, tras US\$ 170 millones invertidos en exploración durante cinco años, un equipo de geólogos uruguayos descubrió más recursos llegando a entre 600 y 2.000 millones de toneladas a aproximadamente 28 % de hierro [estimado entre US\$ 19.000 y 60.000 millones (4)]. Otros 70 millones de toneladas de recursos fueron estimados en Zapucay, Rivera (4). Luego de esta nueva exploración, la cantidad de hierro conocida en el país es al menos veinte veces mayor que la que se creía que había en el siglo pasado.

## Potencial geológico

Al menos 3400 millones de años de diversos procesos geológicos produjeron las rocas que constituyen hoy nuestro territorio, donde se encuentra casi cualquier tipo de roca y mineral. Es difícil encontrar la misma diversidad geológica en una extensión superficial similar a la de Uruguay en el resto de Sudamérica. Si este país estuviese localizado en la superficie de la provincia de Buenos Aires o el sur de Brasil, solamente incluiría dos o tres tipos de rocas.

*Mina de oro Arenal en Minas de Corrales, Rivera. Tamaño: 630 m de largo, 450 m de ancho y 120 m de profundidad. Hoy se encuentra en explotación subterránea. Las galerías penetrarán hasta 240 m en profundidad desde el fondo de la mina, donde se ubica la rampa de acceso.*

*Foto: Martín Rodríguez*



La diversa y compleja historia geológica del territorio uruguayo implica que de ser explorados, se puedan encontrar más y distintos recursos de los que ya existen: como ser titanio en arenas negras, níquel y cromo en rocas magmáticas, depósitos de cobre, plomo, zinc, bario de diversos orígenes, depósitos de oro y plata en rocas magmático-metamórficas, manganeso en granitos, berilo en pegmatitas, uranio y fosfatos en rocas sedimentarias, diamantes en kimberlitas, tierras raras, niobio, zirconio, tántalo, uranio, fosfatos y fluorita, entre otros, asociados a las rocas magmáticas de la cuenca de la Laguna Merín y varios más.

## Impacto económico

La percepción desvalorizada del patrimonio geológico de Uruguay tal vez se deba a la falta de concreción de planes sistemáticos de desarrollo del conocimiento geológico y fomento de la minería entre 1960 y 1990, años durante los cuales otros países de la región lo estaban haciendo. A su vez ésta puede ser la razón por la cual, si bien las explotaciones son significativas para las economías locales, no superan el 1 % del PBI. Sin embargo, si se considera el desarrollo de nuevos proyectos mineros en etapa avanzada, es posible que la minería llegue a aportar el 5 % del PBI en el futuro (6). Muchos estimativos no toman en cuenta la generación de capital a través de las industrias asociadas existentes (cemento y cerámicas) y posibles (siderurgia y vidrio) que no pueden ser sustentadas sin minería. De desarrollarse otros proyectos mineros hoy subeconómicos o inexplorados, el aporte al PBI podría incrementarse aun más.

Dado el escaso conocimiento actual, Uruguay no puede competir en recursos con grandes países mineros y, dada su escasa extensión superficial, es difícil concebir que se pueda posicionar como un competidor internacional mayor. Pero en caso de continuar desarrollando la minería, los impactos económicos podrían ser incluso más significativos para Uruguay que en otros países mineros con una superficie territorial y población mucho mayor.

Del mismo modo que la producción ganadera de Uruguay no compite en volumen con la de Argentina y Brasil y sin embargo es trascendental para la economía del país. Este rubro comúnmente se valoriza a través de índices per cápita donde Uruguay supera ampliamente a estos dos países. (Tabla 1).

A modo de ejemplo, podemos comparar las reservas estimadas de hierro con la de los cuatro principales productores mundiales de este metal. (Tabla 2). Según el escaso conocimiento actual que se sabe hoy, Uruguay cuenta probablemente con ~aproximadamente 100 toneladas de hierro per cápita y ~ 2000 t/km<sup>2</sup>, superando a China, Brasil e India. Australia es el único país que lo supera ampliamente en toneladas per cápita, pero en toneladas por kilómetro cuadrado la magnitud es similar.

Las riquezas minerales son significativas para el tamaño y población del país. Es en países como Uruguay donde el impacto de unos pocos emprendimientos mineros puede ser trascendental para la economía. Sobre todo si la minería e industrias asociadas, más allá de los yacimientos específicos, pueden ser planificadas a largo plazo y las ganancias invertidas estratégicamente.

| País      | Cabezas vacunos (M) | Área (km <sup>2</sup> ) | Hab. (M) | Vacunos/ km <sup>2</sup> | Vacunos hab. |
|-----------|---------------------|-------------------------|----------|--------------------------|--------------|
| Brasil    | 211                 | 8514880                 | 198,7    | 24,8                     | 1,1          |
| Argentina | 47,5                | 2780400                 | 41,1     | 17,0                     | 1,2          |
| Uruguay   | 12                  | 176220                  | 3,4      | 68,1                     | 3,5          |

**Tabla 1. Cabezas de vacuno por país, habitante y superficie**  
 Datos: [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org) y <http://datos.bancomundial.org>  
 hab. = habitantes. M= millones

| País         | Reservas (Mt) | Hierro (Mt) | Área (km <sup>2</sup> ) | Hab. (M) | t/km <sup>2</sup> | t/ hab. |
|--------------|---------------|-------------|-------------------------|----------|-------------------|---------|
| 1. China     | 23000         | 7200        | 9600001                 | 1351     | 750               | 5       |
| 2. Australia | 35000         | 17000       | 7741220                 | 22,7     | 2196              | 748     |
| 3. Brasil    | 31000         | 16000       | 8514880                 | 198,7    | 1879              | 81      |
| 4. India     | 8100          | 5200        | 3287260                 | 1237     | 1582              | 4       |
| Uruguay      | ?             | 180*        | 176220                  | 3,4      | 1021              | 53      |
|              |               | 360*        |                         |          | 2043              | 106     |

**Tabla 2. Mineral de hierro por país, habitante y superficie**  
 Datos:

<http://minerals.usgs.gov> y <http://datos.bancomundial.org>

\*No hay datos oficiales de reservas. Al menos 1000 Mt de recursos certificados JORC [González, F. (2011) : *Iron deposits, Valentines Uruguay. History, geology and resource estimation. XXX Curso Latinoamericano de Metalogenia Bogotá, Colombia*]. El procesamiento de 55 Mt produce 18 Mt de concentrado, por lo que se pueden estimar las reservas a partir de los estimativos de producción, los cuales son consistentes con la cantidad de recursos. (EIA, [www.aratiri.com.uy](http://www.aratiri.com.uy))

\*Sosteniendo una producción de 18 Mt/año por 10 años = 180 Mt, por 20 años (más probable) = 360 Mt

## El costo de los minerales

Más allá de las riquezas geológicas del país, cabe preguntarse con qué fin se consumen minerales y elementos. La minería no es una consumidora de recursos per se, sino que aporta materias primas a otras industrias. Las materias primas que provee la minería son los elementos químicos, en forma pura o asociados en un mineral y por sus características fisicoquímicas son irremplazables y utilizados constantemente en la vida cotidiana. (7)

El costo de dichas materias primas responde al costo energético de su extracción (Figura 2). Los cambios en la oferta y la demanda también influyen en los precios. Desde que se decide explorar un mineral dada la alta demanda, transcurren varios años de exploración, desarrollo de mina y comienzo de la producción, y se crean períodos de baja producción y otros de sobreproducción.

La humanidad ha consumido grandes cantidades de materias primas minerales, y es cada vez más desafiante encontrar nuevos yacimientos. Si bien el mundo está lejos de agotar sus recursos, paulatinamente, estos presentarán menores concentraciones y/o estarán ocultos a mayor profundidad bajo rocas estériles. Por este motivo, encontrarlos y minarlos requerirá mayor gasto energético, y su costo en aumento afectará sobre todo a los países menos desarrollados que no los posean.



## Reciclaje y minería

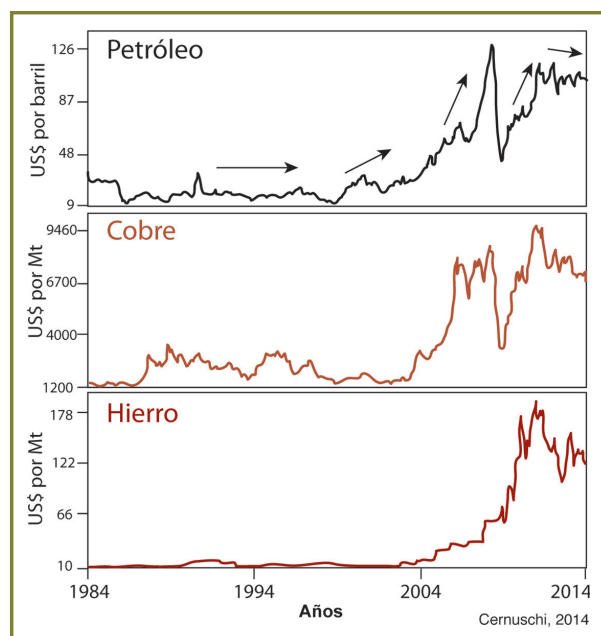
Los elementos que se obtienen por minería pueden también, hoy en día, obtenerse por reciclaje de objetos confeccionados con dichos elementos, como ser el aluminio de las latas de envases de bebidas. Pero por varios motivos este procedimiento nunca podrá sustituir completamente la necesidad de obtener nuevas materias primas.

Algunos de los materiales minados, como los usados en electrónica, están mezclados en los productos de consumo en proporciones tan pequeñas que la capacidad de reciclaje de los mismos es baja. Mucho de lo que llamamos reciclaje en realidad es infraciado: el material resultante se impurifica, contamina o degrada en el proceso de recuperación y luego de unos pocos ciclos ya no es reusable. (8)

Otros materiales son más fáciles de reciclar, como el cobre, aluminio y acero (aleación de hierro), pero presentan el problema de que la vasta mayoría permanece todavía en uso, en productos de larga vida y bajo replazo. El cobre se utiliza para hacer cables para tendido eléctrico, y el acero para fabricar viviendas, puentes, carreteras, vías férreas y otras obras de infraestructura. Si bien éstos tienen reemplazo, el mismo es bajo y a largo plazo. Dado que la mayoría del mundo no está desarrollado y está construyendo su infraestructura, el volumen de consumo es mayor que el de los productos que pueden entrar al ciclo del reciclado. El consumo de materiales minados continúa siendo necesario.

A modo de ejemplo, el acero, fabricado con hierro, es el material más reciclado del mundo y no presenta problemas de infraciado. En 2013 se produjeron mundialmente 1607 Megatoneladas de acero y el 61 % fue consumido por países asiáticos en desarrollo. Del total, el 51 % fue utilizado en construcción (Figura 3). Este acero queda fuera de la cadena de reciclaje de corto y mediano plazo. Los productos que se reciclan son productos de menor vida útil: automóviles, electrodomésticos y envases, que representan solo el 20 % del consumo mundial.

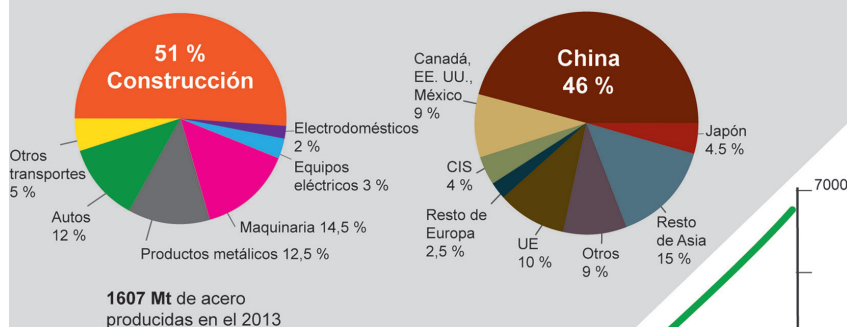
El reciclaje es hoy significativo en los países desarrollados, que ya han pasado el pico de consumo para infraestructura. Pero estos países no influyen en la demanda mundial. EE.UU., Canadá y México, en conjunto, consumen solamente el 9 % del acero producido mundialmente. A modo de ejemplo, EE.UU. recicla acero desde hace 150 años. Hoy recicla casi el



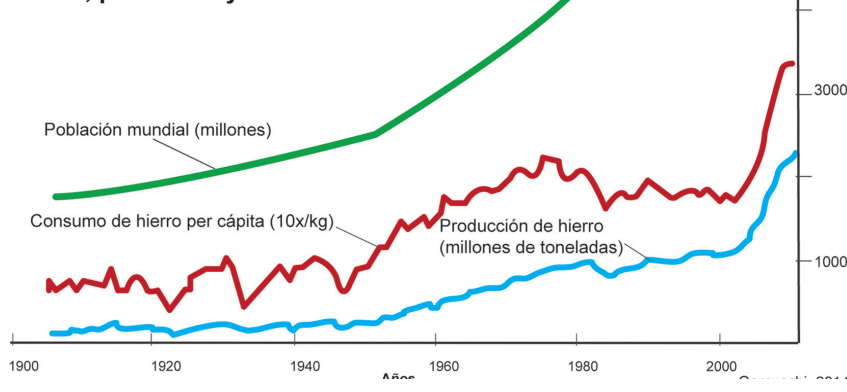
**Figura 2. El precio de muchos recursos minerales depende fuertemente del precio de la energía, en este caso ejemplificado por el precio del barril.**

Datos de: [www.indexmundi.com](http://www.indexmundi.com)

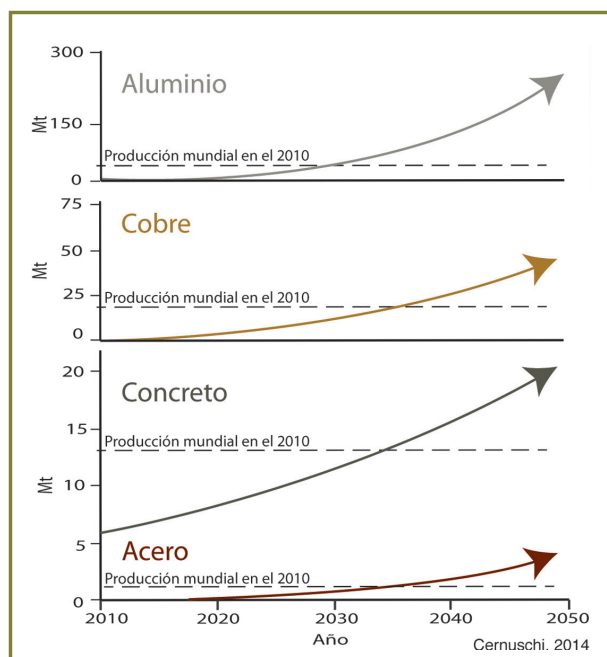
### El principal uso del hierro es la fabricación de acero para construcción en países no desarrollados



### Hierro, población y consumo



**Figura 3. Consumo de hierro en relación con la población. Producción de acero y consumo por sector y por país. [Modificado de: Price, J. (2010): The Bright Future of Global Mineral Resources. Nevada Bureau of Mines and Geology y [www.worldsteel.org](http://www.worldsteel.org)]**



**Figura 4. Predicciones conservativas del aumento del consumo de materias primas para suplir la demanda de paneles solares y molinos de viento para generación de energía eléctrica.** [Modificado de: Olivier, V., Goffe, B. y Arndt, N. (2013): *Metals for a Low-Carbon Society*. *Nature Geosciences* 6 (11): 894-96.]

90 % de su acero desechado además de importar desechos para este fin. (4)

El acero producido contiene 30 % u 80 % de acero reciclado, dependiendo del tipo de fundición. De todas maneras, de estos porcentajes, solamente el 20 % proviene de productos posconsumo (p. ej., autos) y el 80 % proviene de descartes producidos en la fabricación de productos con acero que nunca salen de la fábrica para consumo.

De todas maneras, el impacto del reciclaje en países desarrollados va a ser aun menor en el futuro, dado que si bien estos países ya desarrollaron su infraestructura clásica, una nueva etapa de desarrollo está en proceso. Incrementarán exponencialmente el consumo de acero, entre otras materias primas minerales, para producir e instalar fuentes de energía renovable, marginando aun más el impacto del reciclaje y requiriendo mayor minería de materias primas vírgenes (Figura 4).

Uruguay no escapa a esta realidad, ya que los equipos de energía eólica son uno de los principales rubros de importación del país, lo que lo convierte en un gran consumidor de recursos minerales. (4) En este contexto es interesante analizar el hecho de que la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables y el transporte eléctrico son emprendimientos que consumen grandes cantidades de materias primas minadas, lo que introduce la interrogante sobre cuál es su verdadero impacto ambiental, ya que implican mayor minería.

## Dependencia de materias primas

Las industrias renovables funcionan basadas en recursos no renovables. Por ejemplo, la industria agrícola se sustenta en combustibles fósiles para el uso de maquinaria, transporte de los productos y sobre todo durante la fabricación de fertilizantes. Más importante aún, los fertilizantes son fabricados con materias primas minadas no renovables, como el fósforo. El hecho de utilizar un recurso no renovable en la base de la producción de otro renovable hace compleja la distinción entre renovable y no renovable.

Además, las materias primas minerales no están uniformemente distribuidas en el mundo y esto afecta también a las industrias renovables. Uruguay es uno de los principales consumidores de fósforo por hectárea del mundo; sin embargo, hoy no cuenta con yacimientos propios y dos de los lugares donde menos se utiliza (Marruecos y Sahara Occidental) poseen la vasta mayoría de las reservas y producen para el resto del mundo. Parte de la industria agroganadera de Uruguay depende de este fósforo y otros elementos como potasio, que debe importar. (Figura 5).

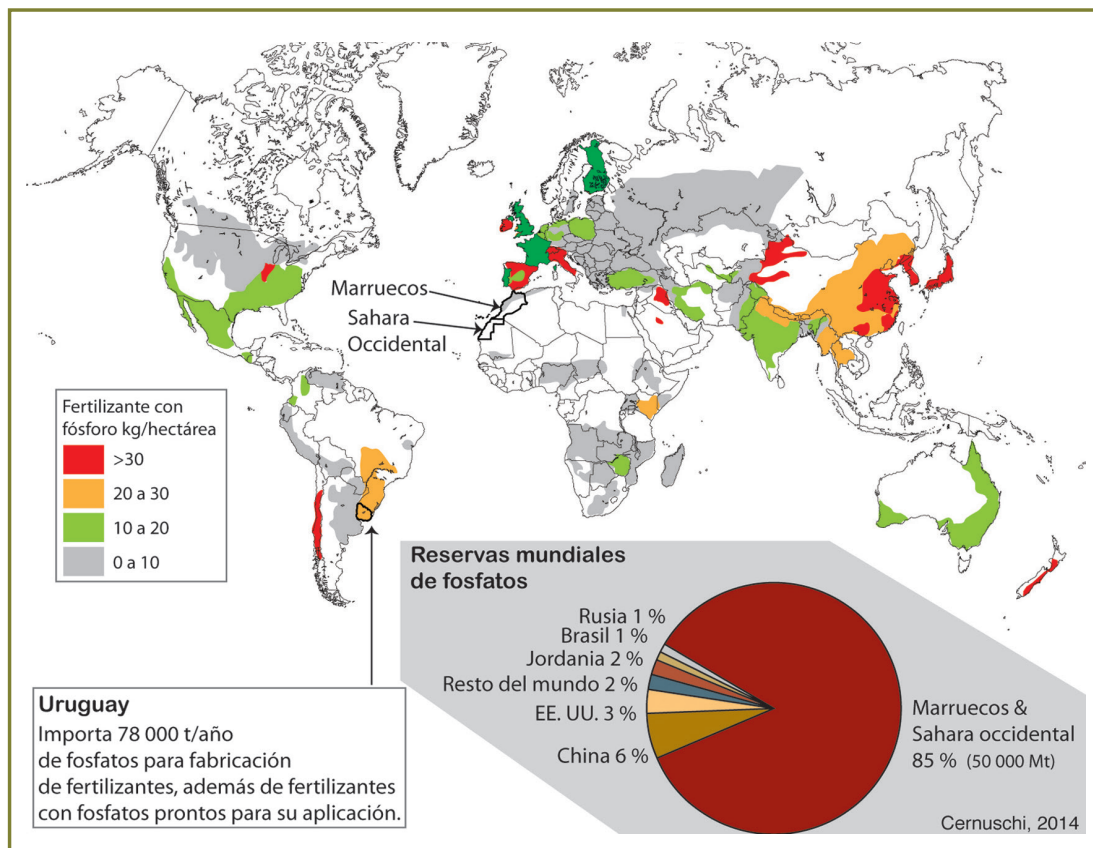
## Impactos ambientales

La necesidad de hacer minería para suplir al mundo de materias primas implica realizar esta actividad coherentemente con la preservación del medio ambiente. La minería, como cualquier otra industria, produce impactos ambientales diversos. Es una actividad intrínsecamente invasiva para el medio ambiente ya que implica la remoción de volúmenes importantes de roca y suelo, la utilización de explosivos, y hasta la desviación de cursos de agua superficial. En algunos casos, las características mineralógicas de las rocas pueden generar acidificación de las aguas superficiales, como algunas de las minas de cobre en Chile, y en otros no, como en los yacimientos de hierro del este de EE.UU. Por otro lado, la mayoría de las minas abandonadas hoy día que presentan problemas de contaminación estuvieron activas en épocas previas al entendimiento de las problemáticas de impacto ambiental y antes que se exigiesen planes de cierre al finalizar la actividad extractiva. En la mayoría de los casos, los impactos ambientales pueden ser evitados o al menos manejados y minimizados, y la mayor parte del espacio ocupado por los complejos mineros puede ser recuperado para usos posteriores. Sin embargo, esto es posible solamente si existe una planificación previa, controles gubernamentales y auditorías, la capacidad técnica adecuada y la exigencia de planes de cierre y fondos destinados de antemano para este fin.

Esta temática merece ser tratada en detalle y será el tema central del próximo artículo en esta revista.

## Agradecimientos

Al Lic. Federico González, por la constante discusión sobre geología y minería en Uruguay. Al Dr. Claudio Gaucher, por la revisión del artículo.



**Figura 5. Consumo de fósforo en fertilizantes por hectárea para cultivos de trigo. El consumo para otros usos es similar. [Modificado de: Obersteiner, M. et al (2013): *The Phosphorus Trilemma*. *Nature Geoscience* 6 (11): 897-98. Otros datos: [www.usgs.com](http://www.usgs.com) y Tommasino, H. (2008): *Algunas consideraciones sobre fertilizantes en Uruguay*. En: *Anuario OPYP* 2008.]**

## Notas

1. *Mining, Society, and a Sustainable World*. Richards, J. P. (ed). Springer.

1a. Slack, K. (2009): *The Role of Mining in the Economies of Developing Countries: Time for a New Approach*.

1b. Crowson, P. (2009): *The Resource Curse: A Modern Myth?*

1c. Waye, A., Young, D., Richards, J. P., y Doucet, J. A. (2009): *Sustainable Development and Mining: An Exploratory Examination of the Roles of Government and Industry*.

1d. Von Geyer, F. (2009): *Foreword*

2. Abbadie, L. (2011): *La minería en Uruguay. Evolución, balance y perspectivas en el período 1880-2010*. 5.ªs Jornadas de Historia Económica. [www.fcs.edu.uy/archivos/IIEVHE\\_Abbadie.pdf](http://www.fcs.edu.uy/archivos/IIEVHE_Abbadie.pdf)

3. Para mayor detalle y otras referencias ver: Cernuschi, F., Gaucher, G. y Bossi, J. (2014): *Historia resumida de la minería en Uruguay*. En preparación. *Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología*.

4. Datos no citados en las figuras y tablas fueron obtenidos de: [www.aratiri.com.uy](http://www.aratiri.com.uy), [www.orosur.ca](http://www.orosur.ca), [www.globalcement.com](http://www.globalcement.com), [www.dinamige.gub.uy](http://www.dinamige.gub.uy), [www.usgs.com](http://www.usgs.com), [www.gladiatorresources.com.au](http://www.gladiatorresources.com.au), [www.recycle-steel.org](http://www.recycle-steel.org), [www.epa.gov/epawaste/conservation/materials/steel.htm](http://www.epa.gov/epawaste/conservation/materials/steel.htm), [www.silgancontainers.com/uploads/pdfs/inherent\\_recycled\\_content\\_2010.pdf](http://www.silgancontainers.com/uploads/pdfs/inherent_recycled_content_2010.pdf), [www.uruguayxxi.gub.uy/](http://www.uruguayxxi.gub.uy/)

[wp-content/uploads/2011/11/Informe-de-Comercio-Exterior-de-Uruguay-Enero-2014.pdf](http://wp-content/uploads/2011/11/Informe-de-Comercio-Exterior-de-Uruguay-Enero-2014.pdf)

5. Los yacimientos de oro y plata se miden en onzas. 1 oz equivale a 31.1034768 gramos

6. Bossi, J., Gaucher, C., Ledesma, J. y Spoturno, J. (2011): *Minería en el Uruguay: potencial y desafíos*. *Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología*, 17, 23-31.

7. Usos de elementos minados: [www.federicocernuschi.com/2014/06/12/elementos/](http://www.federicocernuschi.com/2014/06/12/elementos/)

8. McDonough, W. y Braungart, M. (2002): *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make things*. North Point Press.

**La foto de la tapa es de la Mina de caliza de Verdún, Minas. Cortesía de Claudio Gaucher.**

**\*Federico Cernuschi** es Licenciado en Geología por la Universidad de la República, Uruguay y MS en Geología Económica de Oregon State University (OSU). Actualmente es investigador asistente candidato a PhD en OSU y consultor en geología económica y geoquímica. [www.federicocernuschi.com](http://www.federicocernuschi.com)

