

## EXPLORACIÓN DE FOSFATOS EN EL PERÚ Y SU IMPLICANCIA A NIVEL MUNDIAL

Ing. Juan Zegarra Loo<sup>(1)</sup>, Ing. Hector Canales Lancho<sup>(2)</sup>

MINERA FOCUS S.A.C, Av. Guardia Civil 696 San Borja, Lima, Perú

<sup>(1)</sup>JZegarra@goldgroup.com, <sup>(2)</sup>HCanales@goldgroup.com

### RESUMEN

En el Perú se han identificado dos grandes yacimientos de fosfatos, tipo World Class: el primero, el Yacimiento de Bayovar, está ubicado en la costa norte, en el desierto de Sechura, a 1000 km del noroeste de la capital Lima, este yacimiento involucra **reservas minerales probadas en 816 millones de toneladas**, equivalentes a 262 millones de toneladas de concentrados de roca fosfática al 30% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Las reservas potenciales se estiman en 10 000 millones de toneladas. El Segundo, el Proyecto Mantaro, está ubicado en los Andes Centrales, al noroeste de la ciudad de Huancayo, a aproximadamente 250 km al este de la ciudad de Lima. La mineralización se observa a manera de manto en la Formación Aramachay, con **un potencial inferido de 2 mil millones de toneladas con una ley de 10 a 12% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**.

### ABSTRACT

In Peru, two World Class phosphate deposits have been identified: The Bayovar phosphate deposit is located on the north coast in the Sechura desert, 1,000 km north of the capital city Lima. The deposit is hosted in sedimentary rocks of Middle Miocene Age. Proven minerals reserves stand at 816 million tons equivalent to 262 million tons of phosphate rock concentrate at 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Potential reserves are estimated at 10 000 million tons. The second deposit, Mantaro, is located in the Central Andes, northwest of the city of Huancayo, about 250 km east of Lima. The mineralization is hosted in sandstone rock from Aramachay Formation, part of the Pucara Group of Middle Cretaceous age, with an inferred **potential of 2 billion tons grading 10 to 12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**.

Minera Focus S.A.C., subsidiary of Focus Ventures controls 28,300 hectares in Peru prospective for phosphates. At Machay, near Tarma surface sampling has given grades of up to 11.41% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> associated is exploring. In Ica Focus has acquired some 10,200 hectares where surface sampling has given 16.45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Para alcanzar la seguridad alimentaria, en países en vías de desarrollo (FAO, 2007), se requiere intensificar de manera sostenible los sistemas de producción agrícola para obtener incrementos en la productividad y generar utilidades económicas. El fósforo es un elemento nutritivo esencial para las plantas y los animales, siendo un nutriente primario en el crecimiento de las plantas. Cerca del 80 - 90 % de las rocas fosfóricas extraídas internacionalmente (FAO, 1999), se dedican a la elaboración de fertilizantes, en forma de portador simple o combinado con otros nutrientes primarios como el nitrógeno y el potasio, y apenas el 5% en la industria química. Poco más del 3 a 5% restante se utiliza en la siderurgia como complemento a las menas ferríferas pobres en fósforo, en la obtención de acero por el proceso Thomas, el cual también se reutiliza finalmente como fertilizante y /o acondicionador de suelos. Por esta razón, la búsqueda de nuevos yacimientos de fosfatos se vuelve necesaria para la industria agrícola y agroquímica.

El aumento vertiginoso de los precios del fosfatos en los últimos dos años, debido al déficit de roca fosfórica para el consumo en la elaboración de fertilizantes, hacen necesario la exploración de nuevos yacimientos en distintos países de la región, que cubran esta necesidad.

### GENERALIDADES DE LOS YACIMIENTOS DE FOSFATOS

El fosfato está presente en la mayoría de las rocas en cantidades minoritarias. Se denomina fosforitas (fosfatos sedimentarios marinos) a las rocas que poseen un contenido de  $P_2O_5$  generalmente mayor al 18% y puede, en ocasiones, llegar al 40% (Cuadro No 1).

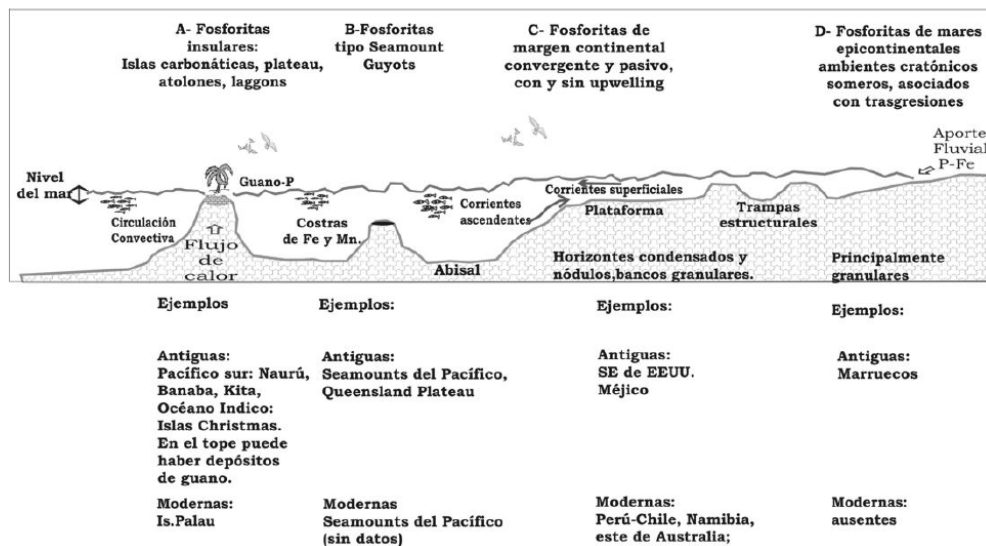
**Cuadro No 1:** Nomenclatura de rocas fosfáticas de origen sedimentario

Contenido de Fosfato	Nombre de la Roca
Mayor al 18% de $P_2O_5$	Fosforita
Mayor al 8% de $P_2O_5$	Roca Fosfática
De 2 a 8% de $P_2O_5$	Roca ligeramente fosfática

Los componentes no fosfáticos comunes en las fosforitas son cuarzo, arcillas (illita, caolinita y esmectita), carbonatos (dolomita y calcita), glauconita, entre otros.

Los depósitos de la roca fosfáticas localizados en diferentes áreas del mundo responden a distintos modelos genéticos. A partir del esquema de Glenn (1994), se ubican en la figura No 1 los ambientes de formación de las fosforitas.

La búsqueda de fosforitas está condicionada por factores paleoambientales relacionados a su vez con la posición de los continentes en determinado tiempo geológico, las características físico-químicas presentes en el área de sedimentación, la profundidad y temperatura de las aguas y condiciones particulares de pH, Eh y biota.



**Figura No 1.** Ambientes de formación de las fosforitas a partir del esquema de Glenn (1994).

La mayoría de las fosforitas fueron depositadas en aguas relativamente someras en márgenes continentales, convergentes, pasivos, con o sin corrientes ascendentes (upwelling) o bien en mares epicontinentales. Los episodios transgresivos pueden favorecer la acumulación de fosfatos en las plataformas; la acción de las olas y otras corrientes contribuyen al retrabajo y concentración de minerales autígenicos con la consecuente formación de extensos depósitos.

Las fosforitas se encuentran frecuentemente como cuerpos estratificados formando horizontes. La geometría y la estructura interna de los cuerpos son el producto final de la precipitación sindeposicional o diagenética temprana de minerales fosfáticos y en algunos casos un subsecuente retrabajo mecánico. La mayoría de las fosforitas económicas son depósitos granulares consistente en conglomerados fosfáticos o peloides tamaño arena.

Perú es uno de los países de la región más atractivos para la exploración por fosfatos, ya que en la actualidad, en su territorio, se ha determinado yacimientos de clase mundial como el de Bayovar (en la costa norte) y el de Mantaro (Andes Centrales).

## PROSPECCIÓN DE YACIMIENTOS DE FOSFATOS EN EL PERÚ

Minera Focus viene explorando por fosfatos en el territorio nacional, se tienen 2 proyectos, con un total de 28.300 hectáreas. El Proyecto Machay (18,100 ha.), ubicado en los Andes Centrales, y el Proyecto Red Globe (10,200 ha), ubicado en el distrito de Ocucaje, Región Ica.

En los Andes Centrales el Grupo Pucará tiene un alto potencial de contener mineralización por fosfatos. Minera Focus viene desarrollando sus exploraciones en el departamento de Junín; en el área estudiada, el grupo Pucará está subdividido en 3 Formaciones; en orden descendiente se tiene: **Formación Condorsinga**, compuesta por calizas de composición areniscosa, bioclástica, chertica y lutácea de edad Jurásica. **Formación Aramachay**, también de edad Jurásica, compuesta por calizas micriticas, arenisca fosfórica y caliza chertica; y la **Formación Chambará** de edad de edad Triásico compuesta por calizas lutáceas, bituminosa y cherticas (Szekely and Grose, 1972). La **Formación Chambará** indica una uniformidad regional y un ambiente de depositación relativamente profundo. La **Formación Aramachay** representa predominantemente una acumulación de material clástico fino y material orgánico en una cuenca marino profunda, la cual fue seguida por una depositación de diversas facies sedimentarias revelando ambientes marinos variables. La **Formación Condorsinga** muestra una relativa uniformidad y condiciones de ambientes marinos poco profundos (Szekely&Grose, 1972).

La mineralización por fosfatos en esta zona, estaría restringida al miembro superior de la formación Aramachay, sobre todo al horizonte de arenisca de grano medio, de matriz calcárea, de color gris amarillento, poco consolidada, que contiene pellets de Francolita ( $\text{Ca}_5\text{PO}_4\text{CO}_3$ ), variedad mineral de Fluorapatito y es la que registra los valores altos en el contenido de Fosfato. Este horizonte de roca fosfórica se presenta a manera de un **Manto mineralizado** y puede alcanzar un espesor de hasta 30 m aproximadamente dando valores de hasta 20%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Los trabajos de campo se centraron en localizar afloramientos del miembro superior de la Formación Aramachay, con muestreo geoquímico de afloramientos y de esta forma identificar el Manto mineralizado.

En la Costa Sur, las exploraciones se centraron en el distrito de Ocucaje, provincia y región Ica. Los afloramientos rocosos en el área de estudio, que tienen potencial de contener mineralización por fosfatos son las rocas de edad Cenozoica (Mioceno Medio) pertenecientes a la Formación Pisco, principalmente areniscas de grano medio color gris oscuro, las cuales ocurren regionalmente con dirección NE-SW.

La cuenca de antearco Pisco (Marocco&Muizon, 1988) representa un estilo estructural predominantemente distensivo asociados a fallas "Strike Slip" dando lugar al estilo tectónico transtensivo, tratándose de una cuenca tectónica del tipo "PullApart" (Alarcón et al., 2005), motivo por el cual se produce subsidencia y consiguiente relleno detrítico en la cuenca. La geología de la cuenca de antearco de Pisco se caracteriza por la predominancia de rocas precámbricas y de batolitos paleozoicos, recubiertos de sedimentos cenozoicos.

La formación Pisco (Mioceno Medio) corresponde a la última gran secuencia de sedimentación. La litología corresponde esencialmente a diatomitas con algunas intercalaciones de gravas tobáceas y de lutitas, siendo su ambiente de depositación marino costero. Esta formación encierra al Sur de la cuenca un importante yacimiento fosilífero de ballenas y tiburones fósiles (Lissón, 1898; Larson, 1990; Muizon, 1981; Muizon&DeVries, 1985; Brand et al., 2004; entre otros) y fósiles invertebrados (De-

Vries, 2002; DeVries&Schrader, 1997; entre otros). Las capas de la formación Pisco han sido interpretadas como resultado de una trasgresión marina bastante extendida (Muizon&Bellon, 1980; Sebrier, 1982).



**Figura No 2.** Ubicación de zonas de prospección por Fosfatos de Minera Focus en Perú.

En los trabajos de campo realizados se pudo observar que la mineralización por fosfatos se presenta en forma de nódulos; los cuales están contenidos en un estrato de arenisca fosfórica que presenta un espesor variable, máximo aproximado de 5 m y mínimo de 1,5 m. Las características físicas de los nódulos fosfatados son: Superficie exterior porosa; su estructura interior vista después de cortada está distribuida por capascirculares, radiales, concéntricas y silíceas, los nódulos esféricos, raras veces son vacíos en su interior; tienen, por lo general, un fósil o resto orgánico (nódulos de La Bruja); algunos nódulos están teñidos o coloreadas por óxidos de fierro. Los Nódulos fosfatados presentan un valor de fosfato de hasta 27% de  $P_2O_5$  y al ser tratados por procesos mecánicos y químicos, permiten obtener un excelente abono o fertilizante usado en la agricultura.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Appleton y Nothold (2002). "Ubicación de los yacimientos de rocas fosfáticas". Boletín INGEMMET Perú. 150: 147, 148, 149, 150.
2. Borkowski E. (1996). Minerales Industriales del Perú. Boletín INGEMMET Perú. 110: 103, 104, 105.
3. Lissón C. (1898). Fosfatos de Ocucaje. Boletín de Minas, Industria y Construcciones Perú; 74: 33, 34, 35, 45.
4. Misión Española (1978). "Yacimientos de Fosfatos en el Perú". Tomo 16. Asistencia Técnica Minerales no Metálicos. INGEMMET, Perú.
5. René M. - Christian De Muizon C. (1988).

- “Los Vertebrados del Neogeno de la Costa Sur del Perú”. Ambiente Sedimentario y condiciones de Fossilización. Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos. XVII(2): 105-117.
6. Tuzo W. (1976). Selecciones de Scientific American “Deriva Continental y Tectónica de Placas.
  7. Calderon , I. (2007). Arquitectura Estructural y estratigrafía de la cuenca de ante-arco Neógena de Pisco (Perú) sobre la subducción de la Dorsal de Nazca. Tesis de Maestría, p. 34.
  8. DeVries , T. & Schrader, H. (1997). Middle Miocene Marine Sediments in the Pisco Basin (Peru). Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, N.º 87, pp. 1-13.
  9. DeVries , T. (1998).- Oligocene deposition and Cenozoic sequence boundaries in the Pisco Basin, Peru. Journal of South American Earth Sciences, Vol. 1(3): 217-231.
  10. León, W. & Aleman, A. (2002).- Forearc extension: tectonics, sedimentologic and stratigraphic evolution of the East Pisco Basin, XI Congreso Peruano de Geología.
  11. Cook, P. (1984): Spatial and temporal controls on the formation of phosphate deposits – a review, in Phosphate Minerals, ed Nriagu and Moore, Springer Verlag, Germany
  12. Grose, L.T. (1960): Geologic Exploration in the Mantaro Phosphatic Field, Central Andes, Peru
  13. Grose, L.T. (1967): Geologic Exploration in the Mantaro Phosphatic Field, Central Andes, Peru