



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
**Universidad del Perú. Decana de América**  
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y  
Geográfica  
Unidad de Posgrado

**“Las fosforitas del mioceno y su relación con el  
contenido económico de los fosfatos de  
Pisco y Sechura, 2014”**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geología con  
mención Recursos Mineros

**AUTOR**

Franklin ABARCA CASTAÑEDA

**ASESOR**

Luis Guillermo REYES RIVERA

Lima, Perú

2015

## RESUMEN

Nuevos datos geoquímicos, petrográficos, difracción de rayos-X (DRX) y Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), de las rocas fosfáticas Miocénicas Peruanas son presentados para determinar su relación genética con el contenido económico de los fosfatos de Pisco y Sechura. Los principales elementos mayores en orden decreciente de abundancia incluyen Si, Ca, P, Al, Mg, K, Na y Fe. Altos contenidos de P y Ca, reflejan alta concentración de apatito ( $\geq 16.5\%$ ) en las rocas fosfáticas económicas de Pisco y Sechura. Alto contenido de Si refleja principalmente alta concentración de restos biogénicos y granos detríticos de cuarzo. Algunas rocas fosfáticas de Pisco contienen mayores concentraciones de elementos traza en orden decreciente de abundancia Cd, As, U y Se. En Sechura las mayores concentraciones incluyen U, As, Cd y Se, observándose en ambas cuencas empobrecimiento de Pb, Ni, Th y tierras raras Ce, La, Y e Yb.

La mineralogía fue determinada mediante estudios petrográficos en secciones delgadas y verificadas por DRX, incluyen fluorapatito, cuarzo, feldespato, sílice opalina, calcita, ankerita y dolomita. Hidroxiapatito ocurre como mineral de apatito subordinado en Sechura. Muscovita con o sin esmectita ocurren en la mayoría de rocas fosfáticas de Pisco y Sechura, tienen un origen detrítico. Heulandita y sepiolita, se presentan restringidamente en algunos sedimentos fosfáticos de Pisco, su presencia sugiere un origen autigénico. El análisis con MEB, sugiere que los apatitos de las cuencas Pisco y Sechura se formaron como una precipitación química directa y en forma más rara por reemplazamiento, químicamente denotan deficiencia en cloro.

En la cuenca Pisco, las concentraciones fosfáticas económicas, están relacionadas genéticamente al igual que la cuenca Sechura, con las facies fosforitas oolíticas, depositadas en ambientes de plataforma de alta energía dominados por oolitos fosfáticos que sugieren retrabajo después de su depositación, además asociadas a facies fosforitas intraclásticas, dominado por intraclastos fosfáticos depositados en ambiente de plataforma carbonatada somera, así como nódulos y conglomerados fosfáticos, que ocurrieron durante los hiatos en la sedimentación controlados por movimientos tectónicos. En ambas cuencas las facies fosforitas oolíticas, se han distribuido en los bordes occidentales de las cuencas, próximos al límite del borde continental. Estas facies fosfáticas se depositaron durante el Mioceno (Fase Quechua I), caracterizado por un margen activo y arcos magmáticos, en áreas de surgencia de latitudes medias y paleoclimas cálidos.

**Palabras clave:** Roca fosfática, oolito, autigénico, apatito, nódulo, biogénico.

## ABSTRACT

New geochemical, petrographic, X-ray diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM) data of Miocene Peruvian phosphate rocks are presented to determine their genetic relationship with the economic content of Pisco and Sechura phosphates. The main major elements in decreasing order of abundance include Si, Ca, P, Al, Mg, K, Na and Fe. High contents of P and Ca, reflect high concentration of apatite ( $\geq 16.5\%$ ) in economic phosphate rocks of Pisco and Sechura. High Si content mainly reflects high concentration of biogenic debris and detrital quartz grains. Some phosphate rocks of Pisco contain higher concentrations of trace elements in decreasing order of abundance Cd, As, U and Se. In Sechura, higher concentrations include U, As, Cd and Se, observed in both basins depleted of Pb, Ni, Th and rare earths Ce, La, Y and Yb.

Mineralogy was determined by petrographic thin sections studies and verified by XRD, include fluorapatite, quartz, feldspar, opaline silica, calcite, ankerite and dolomite. Hydroxyapatite occurs as subordinate apatite mineral in Sechura. Muscovite with or without smectite occur in most phosphate rocks of Pisco and Sechura, they have a detrital origin. Heulandite and sepiolite, are presented restrictively in some phosphatic sediments of Pisco, their presence suggests an authigenic origin. SEM analysis, suggests that the apatites of the Pisco and Sechura basins have been formed as a direct chemical precipitation and, in rare form, by replacing, they chemically denote chlorine deficiency.

In Pisco basin, the phosphate economic concentrations, are genetically related like Sechura basin, with oolitic phosphorites facies deposited in platform high-energy environment dominated by phosphatic oolites suggesting rework after its deposition, also associated with intraclastic phosphorites facies, dominated by phosphatic intraclasts deposited in shallow carbonate platform environment, as well as phosphatic nodules and conglomerates, which occurred during hiatus in sedimentation controlled by tectonic movements. In both basins, oolitic phosphorites facies have been distributed in the western edges of the basin, near the margin of the continental edge. These phosphatic facies were deposited during the Miocene (Quechua I Phase), characterized by an active margin and magmatic arcs, in areas of mid-latitude upwelling and warm paleoclimates.

**Keywords:** Phosphate rock, oolite, authigenic, apatite, nodule, biogenic