

Recibido: 05 / 11 / 2009, aceptado en versión final: 30 / 11 / 2009

## Fosfatos en la zona ocucaje – Sur de Ica - Perú

Phosphates in the zone of ocucaje - south of Ica- Perú

**Tomas Gallarday B.<sup>1</sup>**

### RESUMEN

Este trabajo consistió en explorar, ubicar y cuantificar minerales de fósforo variedad apatita  $Cl\ Ca_3\ (PO_4)_3$ , en nódulos formados por areniscas grises que están al aire libre esparcidos o diseminados sobre las superficies de terrazas, pampas y laderas ubicadas en la margen derecha del río Ica, cubiertos parcial o totalmente por arenas, limos, arcillas de origen eólico, en el sector tablazo Central que incluye el cerro La Ballena, zona Oeste del pueblo de Ocucaje.

Los nódulos descritos provienen de tres estratos u horizontes arenosos diferentes entre sí, concordantes, fallados y separados uno de otro 40 m; afloran en las escarpas o acantilados de los tablazos; La Ballena, Central, Cerros Blanco, La Bruja y Pozo Santo, ubicados sobre la margen derecha del río Ica, sector Ocucaje, sito a 35 km al Sur Oeste de la ciudad Ica.

La apatita ortofosfato de calcio tiene fluorina y cloro en diferentes cantidades, 7% de  $P_2O_5$  y está dentro de nódulos de areniscas blanquecinas grises o negras, de tonalidad irregular, brillo vítreo a graso, dureza 5 en escala de Mohs, fractura concoidea, peso específico 3.1 - 3.2, excepcional luminiscencia. Este fosfato se explota en cantidades grandes, dentro de rocas fosfatadas (Rusia – EEUU), y arenas fosfatadas en Marruecos, que es el primer productor mundial.

**Palabras clave:** Fosfatos de Ocucaje, Fosfatos en el Sur del Perú, Nódulos fosfatados, roca fosfórica.

### ABSTRACT

This work consist to explore, locate and quantify variety of phosphorus mineral apatite  $Cl\ Ca_3\ (PO_4)_3$ , in nodules formed by sandstones are gray outdoor spread or scattered over the surfaces of terraces, plains and slopes located on the right bank of the river ICA, partially or totally covered by sand, silt, clay from wind, central shoal area that includes the hill Whale, an area west of the town of Ocucaje.

The nodules described come from three sandy layers or horizons, different, consistent, failed and separated from each other 40m, outcrop in the cliffs of the escarpment or shoals; Whale, Central, white hills, Witch and Holy Well, located on the right bank of river ICA, section Ocucaje, located 35km. southwest of the city ICA.

The calcium phosphate apatite is fluorine and chlorine in varying amounts, 7% of  $P_2O_5$ , in nodules are white sandstone gray or black, uneven tone, vitreous to greasy luster, Mohs hardness scale 5, conchoidal fracture, specific gravity 3.1 – 3.2, exceptional luminescence. This phosphate is mined in large quantities, in phosphate rocks (Rusia – EE.UU.) and phosphatic sands in Morocco is the world's largest producer.

**Keywords:** Ocucaje Phosphates, Phosphates in southern Peru, phosphatic nodules, phosphate rock.

<sup>1</sup> Docente del Departamento de Ingeniería Geológica de la UNMSM. E-mail: tgallardayb@yahoo.com

## I. INTRODUCCIÓN

Los yacimientos de fósforo en el mundo se presentan en las rocas ígneas, volcánicas y sedimentarias, ellas forman la columna estratigráfica del Paleozoico como los fosfatos de North Walews en Bélgica, Cenozoico se cita a Carolina del Sur y Argelia.

En el Perú, los fosfatos son Cenozoicos, se encuentran en arenas variedad fosforita, dentro de la formación Bayovar o Chira, sector costa Norte; en el sector Sur, en Ocucaje, existe roca fosfórica, variedades apatita dentro de nódulos arenosos (Misión Española, 1978).

## II. CARACTERÍSTICAS

Las arenas fosfóricas sector Costa Norte y rocas fosfóricas sector Sur (Ocucaje - Ica) llegan a un máximo contenido de 31.82% de  $P_2O_5$  y un mínimo de impurezas que permiten clasificarlos como un fosfato ideal para su tratamiento, porque sus impurezas tienen influencia negativa en la acidulación de la roca y en las propiedades físicas químicas finales del producto, costo de transporte o mercado internacional. La roca fosfática deseable es aquella que al ser transportada del yacimiento a la planta para su tratamiento, pueda ser recibida y procesada a menor costo por unidad de  $P_2O_5$ .

Las rocas fosfáticas contienen fosfato de calcio con suficiente pureza, que permite usarla directamente como fertilizante o materia prima, en la fabricación de productos comerciales de fósforo, como por ejemplo el ácido ortofosfórico, superfosfatos, fosfato de amonio, fosfato dicálcico, fosfato monocálcico, etc.

La apatita es el principal mineral de las rocas fosfáticas, su estructura responde a la fórmula:  $Ca_{10}(X_2)(PO_4)_6$ , donde X puede representar al grupo hidroxilo (OH), o cloro y flúor. El calcio es reemplazado en parte por sodio, magnesio, manganeso, plomo, uranio y cerio. Parte del radical  $PO_4$  es reemplazada por pequeñas cantidades de  $UO_4$ ,  $ASO_4$ ,  $CO_3$ ,  $SO_4$  o  $VO_4$ .

En el Perú existe roca fosfórica dentro la jurisdicción política del departamento de Cajamarca, mina Yacud, distrito de Chetilla, dentro de formaciones calcáreas Cretáceas provincia de Pataz, departamento de La libertad, existen rocas fosfóricas en la zona Dos de Mayo y Jauja, departamento de Junín.

Los yacimientos de fosfatos motivo del presente trabajo, se encuentran en apatitas, dentro de nódulos de arenisca gris de la formación Pisco, Cenozoico (Mioceno medio - 15ma.); están ubicados en la jurisdicción política del centro poblado de Ocucaje, interceptado por el lecho del río Ica. Sobre un rumbo Sur 20° Oeste y a 35 km de la ciudad de Ica.

Los yacimientos de fosfatos están dentro de nódulos que en conjunto forman estratos conglomerádicos de 0.3 m a 1m de espesor; su material cementante es silíceo; los nódulos tienen hasta 12 cm de diámetro, predominan los de 7 cm a 8 cm de diámetro, sus afloramientos irregulares van de Sur a Norte 10 a 20 km, se presentan inter estratificados con lutitas y areniscas cenozoicas, el contenido de  $P_2O_5$ , es de 1.5%, 5.2% y 19.7%.

Hemos explorado y verificado que existen tres horizontes arenosos de espesores variables, 0.60 m, 0.40 m y 0.20 m de valle a la cima (base a techo); el primer estrato que contiene nódulos fosfatados son de granulometría media a fina, color gris negruzco a gris amarillento; el todo es una roca conglomerádica sedimentaria; los nódulos contienen apatita y son de diferentes diámetros 0.05 m a 0.10 m, de aspecto botroidal, esferoidal, elipsoidal regulares e irregulares, aplanados; todos contienen dentro de su estructura fósforo amorfo en apatita; el peso de cada uno es de 0.001 kg a 0.3 kg; densidad 2.8 – 3; dureza 5 en escala de Mohs.

Los otros dos estratos también contienen fosfatos; están ubicados más alejados del valle del río Ica, cercanos a la cima, contienen roca fosfórica, nódulos de arenisca gris y nódulos calizas blanquesinas grisáceas.

En el sector Sur Occidental de la cuenca sedimentaria PISCO – ICA – NAZCA, los nódulos fosfóricos abundan en mayor cantidad. [11]

## III. SUSTENTACIÓN DEL TEMA

Esta investigación persigue estudiar e identificar los tres estratos dentro de la formación Pisco, Cenozoico (Mioceno medio a superior 15 ma), que afloran en áreas aledañas al centro Poblado de Ocucaje. La formación Pisco está integrada por una secuencia de rocas sedimentarias formada por areniscas grises con intercalaciones de lutitas dolomitas y limolitas de 850 m de potencia (cerro La Bruja), esta secuencia ha sido disturbada por fallas y la intrusión de rocas volcánicas hipabisales.

A la altura del Km 334 de la carretera Panamericana Sur, con una pista Sur Oeste de 2 km, se llega al centro poblado de Ocucaje y a su Oeste está el lecho del río Ica, que dreña sus aguas de Nor Oeste a Sur Este e inflexiona al Oeste, a la altura de los cerros Pinilla y Negro.

La formación actual en el lecho del río Ica ha generado diferentes terrazas fluviales por erosión de la formación Pisco, dejando al descubierto nódulos arenosos fosfatados, que actualmente se encuentran esparcidos sobre dichas terrazas, de superficie plana o inclinada; junto a ellas se observan estratos y

horizontes en las escarpas, formada por los filos de los estratos.

Con esta investigación se ha constatado en la zona, que los nódulos fosfatados se encuentran dentro del segmento delimitado por los cerros Negro Callango, sector delimitado al Este por el río Ica, al Oeste con las arenas recientes de las dunas, por el Norte con el cerro Negro y el cerro Santiago, por el Sur con las rocas volcánicas, que limitan con el pueblo de Callango, los estratos arenosos conglomerádicos que tienen nódulos son visibles en forma discontinua en una longitud de 15 km, la cima de los tablazos alcanza 450 msnm (Plano 1).

Los estratos que contienen nódulos arenosos fosfatados, siguen los planos de estratificación y han sido disturbadas por fallas recientes, pero los nódulos sueltos o libres por la erosión, están en la actualidad sobre las laderas o sobre las superficies llanas, parcial o cubiertos por materiales y arcillosos, limosos, arenosos, continúan al Norte y al Sur, dentro de la formación Pisco, los nódulos fueron verificados en un estrato de arenisca sito junto al desvío de la carretera de Los Libertadores 252 km carretera Panamericana Sur, distrito de San Clemente, tramo Lima (Plano 1) - Ica.

Al Norte de las zonas estudiadas o tablazos de La Ballena, los estratos que contienen fosfatos están cubiertos o enmascarados por dunas con arenas recientes; por el Sur siguen los estratos que contienen nódulos fosfatados, cotas más altas con relación a la superficie del valle del río Ica, como en los cerros La Bruja y los acantilados junto a las playas de Pozo Santo y Nazca.

Las características físicas de los nódulos fosfatados son: Superficie exterior porosa; su estructura interior vista después de cortada está distribuida por capas circulares, 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 hierro, los nódulos aplanados poseen en su interior fósiles alargados de vegetales, los Nódulos fosfatados al ser tratado por procesos mecánicos y químicos, permiten obtener un excelente abono o fertilizante usado en la agricultura y en la mejora de dietas alimenticias para animales (aves o mamíferos). [6,12]

#### IV. ANTECEDENTES

Para realizar la presente investigación, hemos revisado los trabajos ya publicados de la zona en libros, boletines y revistas de autores nacionales, tales como: Lissón (1898), Ruegg (1962) Dumin - Borkowski, Appleton (2002) y Nothold, Marocco (1998) De Muizon (1998), y los informes de La Misión Espa-

ñola (INGEMMET), e información sobre los fosfatos existente en INTERNET. [1,3,6,9,10,11,12].

#### V. OBJETIVOS

- Verificar in situ la presencia de nódulos de rocas fosfatadas, en estratos de areniscas en la formación Pisco, ubicando las zonas en donde existan las mayores acumulaciones de nódulos, con coordenadas UTM.
- Cuantificar los nódulos de rocas fosfatadas, teniendo presente una mínima ley de de 7% de  $P_2O_5$ , ley que permita triplicarla en el laboratorio y hacerla comercial.
- Identificar el tipo de roca fosfatada en lámina delgada, asumiendo una ley previa determinada por análisis geoquímico, y de acuerdo al porcentaje de  $P_2O_5$  visto al microscopio será extrapolado al todo, proceso que permita proyectar utilizar los nódulos fosfatados previo tratamiento, para la elaboración de fertilizantes o abonos que serán empleados en la agricultura y ganadería del Sur medio del Perú. [13]
- Continuar la presente Investigación en los sectores de Callango, Pozo Santo y Nazca, en un mediato trabajo que lo realizaremos el año 2012.

#### VI. HIPÓTESIS

La cuenca Sedimentaria Pisco – Ica – Nazca, en su sector central Ocucaje, tiene nódulos de arenisca gris con contenido de fósforo como  $P_2O_5$ , en una ley promedio de 7%, requiere ser evaluada, para ser usada como fertilizante y abono en la agricultura y ganadería del Sur medio del Perú.

#### VII. METODOLOGÍA

La presente investigación ha sido efectuada mediante el desarrollo de labores exploratorias tendientes a identificar rocas fosfatadas; según los resultados obtenidos, se programó la evaluación y cuantificación de los fosfatos de la zona.



Foto 1: Vista de Sur a Norte del Tablazo La Ballena, en la parte inferior aflora el primer Horizonte de fosfatos de 0.60 m.

### VIII. FOSFATOS EN LA ZONA DE OCUCAJE

Las áreas señaladas en la cartografía oficial fueron de tres sectores:

- La Ballena o sector Central que incluye Cerro Blanco.
- Zona de Callango ubicada sobre la margen derecha del río Ica.
- Zona de Pozo Santo ubicada al Oeste del Tablazo La Ballena, limita con el Océano Pacífico.

El presente trabajo corresponde a la primera área o sector, dentro de ella exploramos in situ, los nódulos de fosfatos disgregados por erosión, en las escarpas de los estratos de las rocas sedimentarias, que subyacen a unidades semilitificadas de dolomita  $(CO_3)_2CaMg$  y sobreyacen a un estrato arenoso con abundantes fósiles de bivalvos oxidados y limolitizados. [6, 12]

El estrato con rocas fosfatadas tipo nódulos es de 0.60 m de espesor, está fallado transversalmente E-O, visible en el tablazo La Ballena y en el tablazo Central, las rocas nodulares arenosas fosfatadas, una parte están sueltas, formando bancos o cúmulos de nódulos disgregados.

La Ballena visto 50 m más adelante del primer horizonte.

En la cima de estos tablazos mencionados, las rocas nodulares calcáreas o piedra fosfórica tienen menor porcentaje de  $P_2O_5$ , 1% a 2%, los fosfatos están presentes dentro de Apatita  $ClFCa_3(PO_4)_3$ , y no así en las otras variedades fosfatadas como: [1, 2, 3]

Fósforocalcita  $[PO_4(OH_3)]Cu_3$

Fosfórita  $Pb_5Cl(PO_4)_3$

Monacita  $(Ce, La)PO_4$

Piromorfita  $Pb_5Cl(PO_4)_3$

#### 8.1. Análisis a los resultados de las leyes geoquímicas

Identificados los estratos en los farallones de los tablazos, fueron medidos los nódulos cuantificados en metro cuadrado; para cubicarlos, se proyectó



Foto 2: El primer horizonte ubicado en la parte inferior del Tablazo.

a futuro la elaboración de óptimos fertilizantes o abonos fosfáticos, considerando que el abono siempre requiere del componente fosfórico para elevar su calidad, en dicho proceso se necesita mayores cantidades de calcio y flúor que son componentes complementarios activos.

Los fosfatos como apatita en la zona, actualmente se comercializa informalmente, son utilizados en la industria doméstica preparación de abonos o elaboración de productos de fósforo, para conseguirlo se impregnan partículas cristalizadas de fósforo dentro de un pegamento, el que se vierte sobre las caras opuestas de pequeñas cajas para uso cotidiano, consiguiendo fuego por frotación, utilizando para ello, los palitos o las cerillas, que tienen en uno de sus extremos pólvora cementada, o tal vez es usado en la fabricación de ácido fosfórico  $(H_2PO_4)$  y sales de fósforo.

Verificación de nódulos de arenisca gris, de medidas diferentes con apatita, identificados con molibdato de amónico  $(NH_4)Mo_7O_{24}.4H_2O$  y ácido nítrico  $HNO_3$  formándose un precipitado amarillo de fosfomolibdato de amónico.

Se constató presencia de apatita dentro de nódulos de arenisca gris provenientes de estratos de areniscas grises litificadas, que forman parte de la estratigrafía que aflora en los farallones de los tablazos; estos estratos arenosos con nódulos existen en las siguientes áreas puntuales; la Ballena o sector Central, cerro Blanco, Callango y Pozo Santo, de los tres estratos se obtuvo 3 muestras de nódulos fosfatados (una de cada uno), su ubicación fue dada con coordenadas UTM que siguen [6, 12].

N.º Muestra	Coordenada Norte	Coordenada Este	Altura snmm.
Mta. tegb-1	8415350	446082	256
Mta. tegb-2	8415160	428421	345
Entre C.Blanco, C. La Ballena	8409598	424379	386
Mta. magnesio	8412452	424814	323
Mta. punto partid.	8469910	424151	323
Segundo estrato	8410480	422480	543
Junto a las dunas	8410372	422407	532
Concesión Alas P.	8397376	429008	288
Oeste de las brujas	9395908	429188	276

Las muestras de nódulos fosfatados, fueron de estratos semi litificados y litificados, analizadas por fósforo en el laboratorio SGS Perú, de seis nódulos se hicieron secciones delgadas, para realizar su estudio microscópico, las muestras reportaron las siguientes leyes:

**8.2. Relación del contenido de fosfatos leyes geoquímicas Ocucaje - Bayovar**

Ocucaje		Bayovar	
N.º Mta. 1	Porcentaje	N.º Mta. 1	Porcentaje
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	17.84%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31.82%
Humedad	6,50	K <sub>2</sub> O	0.10%
ClNa	920,00	CaO	47.80%
SO <sub>4</sub> Ca	22,00	SiO <sub>2</sub>	2.55%
SO <sub>4</sub> Mg	1,90	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.85%
Insolubles	105,00	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.63%
Pérdidas	3,00	F	2.11%
N.º Mta. 2	Porcentaje	Na <sub>2</sub> O	1.74%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	16.44%	MgO	0.76%
Humedad	4,50	SO <sub>3</sub>	4.02%
ClNa	720,00	CO <sub>2</sub>	3.25%
SO <sub>4</sub> Ca	20,00	Ce <sub>2</sub>	0.02%
SO <sub>4</sub> Mg	1,50	P.p.c.	4.15%
Insolubles	98,00		
Pérdidas	3,00		
N.º Mta. 3	Porcentaje		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	17.20%		
Humedad	5,50		
ClNa	820,00		
SO <sub>4</sub> Ca	17,00		
SO <sub>4</sub> Mg	2,00		
Insolubles	119,00		
Pérdidas	2,00		

**Una lámina delgada de un nódulo de arenisca con apatita se da a continuación:**

Mta., tegb – 1-a Nódulo 6 cm de diámetro

Textura: Hipidiomórfica

Sito: Zona 18

N. 8415160. E. 428421. Altura 345 msnm

Vista sección delgada en nicols // s  
Aumentos 40x - Sector 2 derecha.



Vista sección delgada en nicols Xs  
Aumentos 40x - Sector 2 derecha



**8.3. Descripción microscópica**

(Mta., tegb – 1-a Nódulo 6 cm de diámetro)

Existen esporádicas plagioclasas microtabulares entrecruzadas de 0 - 350 mm, se observa también arcillas, cloritas, sericitas, calcita, esfena y cuarzo como material cementante o de relleno de las microfracturas, están los minerales opacos sobresaliendo la apatita Cl FCa<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, su geometría es elipsoidal (asemejan a granos de arroz), los cristales están disseminados alcanzando 5% a 7% del todo. [5, 8]

Sector A:

Porcentaje de componentes del todo:

Esenciales	Alteraciones	Accesorios			
Plagioclasas	65	clorita	10	hornblenda	8
				Sericita	2
				Arcilla	8
				Opacos	7

En el área aledaña a pueblo Blanco y ligeramente al Oeste, existe una remoción de horizontes lutáceos y bentoníticos practicados los tajos artesanalmente, siguiendo el rumbo de un horizonte de magnesio de 06 cm de espesor con buzamiento vertical. Esta reciente actividad minera artesanal ha impactado en forma negativa en la topografía del lugar, obtuvimos una muestra de magnesio para verificar en ella su contenido de fósforo.

Al Oeste de este punto, se observa el acantilado del tablazo La Ballena, toponimia dada debido a la presencia de fósiles de ballenas, dentro de los estratos dolomíticos, al Sur.

Se tomó una muestra de un estrato de arenisca de 20 cm que tiene nódulos con diferentes dimensiones entre 0.5 cm a 4 cm de diámetro; son de forma irregular casi esférica, superficie porosa o granuda, color blanquecino gris plomizo, se ubica a una diferencia de nivel de 40 m; es el segundo estrato y fue descrito por el Ing. Carlos Lisson.

En la cima del tablazo central, el estrato está formado por nódulos de rocas calcáreas de variables dimensiones de diámetro 2 cm a 15 cm, color blanquecino,

gris, plomizo, de superficie porosa, áspera y peso sobre 300 gr; el estrato es horizontal, sinusoidal en su afloramiento, y en su superficie superior o zona visible, el estrato está descubierto, tiene 40 cm a 60 cm de espesor. [6, 12]

Muy cerca a la cima, se encuentra descubierto un manto de calcita impura, cortada irregularmente por muchas vetillas de yeso, que van desde 2 cm a 50 cm de espesor, en sí forman un entrecruzamiento o macro stock work de Yeso o sulfato de calcio ( $\text{SO}_4 \cdot \text{Ca}$ ), su diferencia de nivel con el primer estrato es de 34 m. [14, 15]

La cima del tablazo Central está formado por una superficie irregular de calcita, sobre el mismo horizonte de rocas calcáreas, al Nor Oeste existen muchas dunas de diferentes alturas, en proceso dinámico de avanzada al Este, sus coordenadas UTM (ver cuadro).

Este estrato de caliza tiene un espesor de 40 cm, con nódulos de forma de irregular, 5 cm a 15 cm, color blanquecino grisáceo de superficie granitoide rugosa, las calizas a veces están silicificadas.

Una muestra de nódulos fosfatado obtenida del segundo estrato fosfórico, numerada 13 analizada en el laboratorio de SGS Perú, dio las siguientes



**Foto 3:** Nódulos de fosfato de diferentes formas y tamaños, obtenidos del segundo horizonte de fosfatos ubicado a 40 m de altura sobre el primero.



**Foto 4:** Fósiles o nódulos, probablemente huevos de tortuga o tiburón; la parte exterior tiene protuberancias tipo piña, procedencia zona inferior La Bruja.

leyes de fósforo.

6.7% a 7.2%, indicador de la presencia de apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$ , la muestra fue extraída en la escarpa Este del tablazo Central, el estrato coincide con el segundo horizonte de roca fosfatada descrita por Carlos Lisson, está identificado por un estrato que tiene 0.20 m de espesor, está formada por nódulos casi esféricos y aplanados de roca fosfatada de 0.5 cm a 5 cm de largo, color rojizo amarillento grisáceo. [4, 6, 7].

Al Sur Oeste de Ocucaje, yendo a la ex hacienda de Callango, en área aledaña no existen estratos con nódulos, pero si las hay sobre el lado Norte, ellos son la continuación de los estratos de los Tablazos La Ballena y Tablazo Central. [15]

Al analizar los estratos de los cerros Las Brujitas y Brujas, se verifica nódulos esféricos y de mayor dimensión, estos se encuentran en una concesión de La Universidad Alas Peruanas, las leyes de fósforo están dentro de su estructura de los fósiles, que son huevos de tortugas, el contenido de  $\text{P}_2\text{O}_5$  es de 1 a 2%, sus características físicas identifican a la apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$ .

La muestra extraída de un horizonte fosfórico, los nódulos están dentro de una arenisca gris, estrato de espesor 0.40 m es roca fosfatada, que está integrada con predominio de fósiles bivalvos. Debajo de este estrato se ubica un estrato de arcilla bentónica con espesor de 10 m.

De la base cerro Los Brujos obtuvimos una muestra, en el laboratorio dio de 1% a 2% de ley en fósforo, fue identificado como apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$ .

Una muestra de roca fosfatada en un estrato de 0.20 cm de espesor, contiene además de fósforo, fósiles; está dentro de un estrato conglomerádico marino, sus clastos están incrustados dentro de material cementante compuesto por arcillas y dolomíticas bentónicas, se ubica con las coordenadas UTM. (Ver cuadro)

La muestra obtenida en el tablazo ubicado entre el cerro Blanco y La Ballena, dio leyes de fósforo 1 a 2%; fue clasificado como apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$ ,



**Foto 5:** Tablazo La Ballena sobre un rumbo ESTE – OESTE. Obsérvese los sacos con nódulos fosfatados ya embolsados.

debido a sus propiedades físicas, los nódulos están en un estrato de 20 cm de espesor color gris amarillento, por el alto porcentaje de hierro, el lugar tiene las coordenadas UTM. (Ver cuadro) [13]

## IX. CONCLUSIONES

- Los objetivos programados en gabinete se cumplieron: Ubicar, identificar y cuantificar in situ rocas fosfóricas con rendimiento económico.
- Después de esta etapa, se piensa efectuar otras más, y con ellas descubrir la continuidad de los estratos que están formados por arenas grises, las que tienen nódulos fosfatados variedad apatita, las labores deben hacerse al Norte y al Sur del Centro Poblado de Ocucaje.
- Estos nódulos fosfatados afloran parcialmente en un estrato arenoso, o están diseminados sobre el suelo, descubiertos o cubiertos por arcillas, limos y arenas, se encuentran sobre la superficie de las terrazas llanas o inclinadas en el flanco derecho del río Ica (aguas abajo).
- La ubicación de los nódulos sueltos es consecuencia de la erosión eólica dada en el pasado, en los dos estratos que son descritos en el trabajo de Lisson (1998).
- Se verificó la presencia de roca fosfatada variedad apatita, dentro de la matriz de nódulos, que está presente en los dos estratos arenosos. De los dos, el primero es de mayor importancia por su espesor, se encuentra más cerca al lecho actual del río Ica. El segundo estrato está más a la cima de los tablazos marinos y es de menor espesor, los nódulos fosfatados son también de menor dimensión y ligeramente tienen menor proporción en su contenido de Ley de fósforo en apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$ .
- El tercer estrato es roca calcárea con baja ley de fósforo, en el presente trabajo, se considera para explotación los tablazos Norte y Centro referidos



**Foto 6:** Horizonte de arenisca gris litificada 0.60 cm de espesor, que aflora en la parte inferior del Tablazo La Ballena, su explotación es muy onerosa debido a su posición horizontal.

a Ocucaje.

- La investigación evaluativa in situ nos ha permitido cuantificar y afirmar que en el tablazo Norte, ubicado dentro del área delimitada con cerca de alambre, existe 1000 TML de apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$  con un porcentaje sobre 7% de fósforo.
- La presencia de nódulos de fósforo fuera de la cerca lado Nor Este del Tablazo La Ballena llega a 1000 TML de apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$  con un porcentaje sobre 7% de fósforo.
- La presencia de nódulos de fósforo en el área del tablazo central, llega a 300 TML de apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$  con 8.9% de fósforo.
- La presencia de fósforo en la margen derecha camino a Callango, sobre dos terrazas es de 100 TML de apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$  con 8.9% de fósforo.
- Lo que hace un Total de 2400 TML de nódulos con diferentes tamaños de apatita (0.5 cm a 8 cm)  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$  y 6.9% de fósforo, este fósforo se encuentra diseminado y suelto, sobre las superficies de los tablazos marinos, en pampas y laderas, de donde pueden ser recolectados mecánicamente, embolsados, transportados para su posterior tratamiento, obteniendo abonos y fertilizantes de uso agrícola o alimentos balanceados para granjas avícolas y centros de engorde.
- Se ha determinado con la investigación que los fosfatos en nódulos son antieconómicos para explotarlo con fines comerciales, esto se debe a que el buzamiento de los tres estratos es muy bajo u horizontal, y por lo tanto se requiere desencapar mucho material estéril, lo que resulta demasiado oneroso (caro).

### 9.1. Lo que debe investigarse

- Aún falta evaluar cuantitativamente con más detalle, los dos horizontes de roca fosfatada nodular, en los tablazos marinos de Callango lado izquierdo aguas abajo del río ICA, lo mismo sucede en los tablazos marinos periféricos al Océano Pacífico ubicadas en el área de Pozo Santo.
- Falta hacer su seguimiento cartográfico en campo, y extrapolar aguas arriba sobre la margen izquierda del río ICA, así mismo falta investigar por exploración ubicando, clasificando y cuantificando nódulos fosfatados en la zona de Nazca que es el sector Sur de La Cuenca PISCO, ICA, NAZCA.
- Los yacimientos no metálicos clasificados como nódulos fosfatados, están presentes dentro de rocas sedimentarias arenosas, se presentan en

conjunto dentro de arenas, las que contienen fósforo en un porcentaje mayor a 7%.

- Estos yacimientos fosfatados también ocurren en la naturaleza en estado amorfo, apatita  $\text{Cl F Ca}_3 (\text{PO}_4)_3$ , dentro de rocas ígneas básicas, granitos, gneises y los demás yacimientos de fósforo, se presentan en filones de apatita y fosforita en rocas ígneas, o como sub producto de la casiterita, hematita y magnetita en esta última especie, forma parte del mineral en pequeñas proporciones.
- En la zona de Ocucaje, no hemos podido aún identificar la ocurrencia de estas formas, pero sí se ha identificado plenamente apatita dentro de nódulos de arenisca gris; y de ser tratados industrialmente, son recursos naturales importantes para las actividades agrícola y ganadera.

## X. AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento al Equipo corrector del IIGEO por la revisión y aporte a este artículo y a la UNMSM, por permitir su publicación.

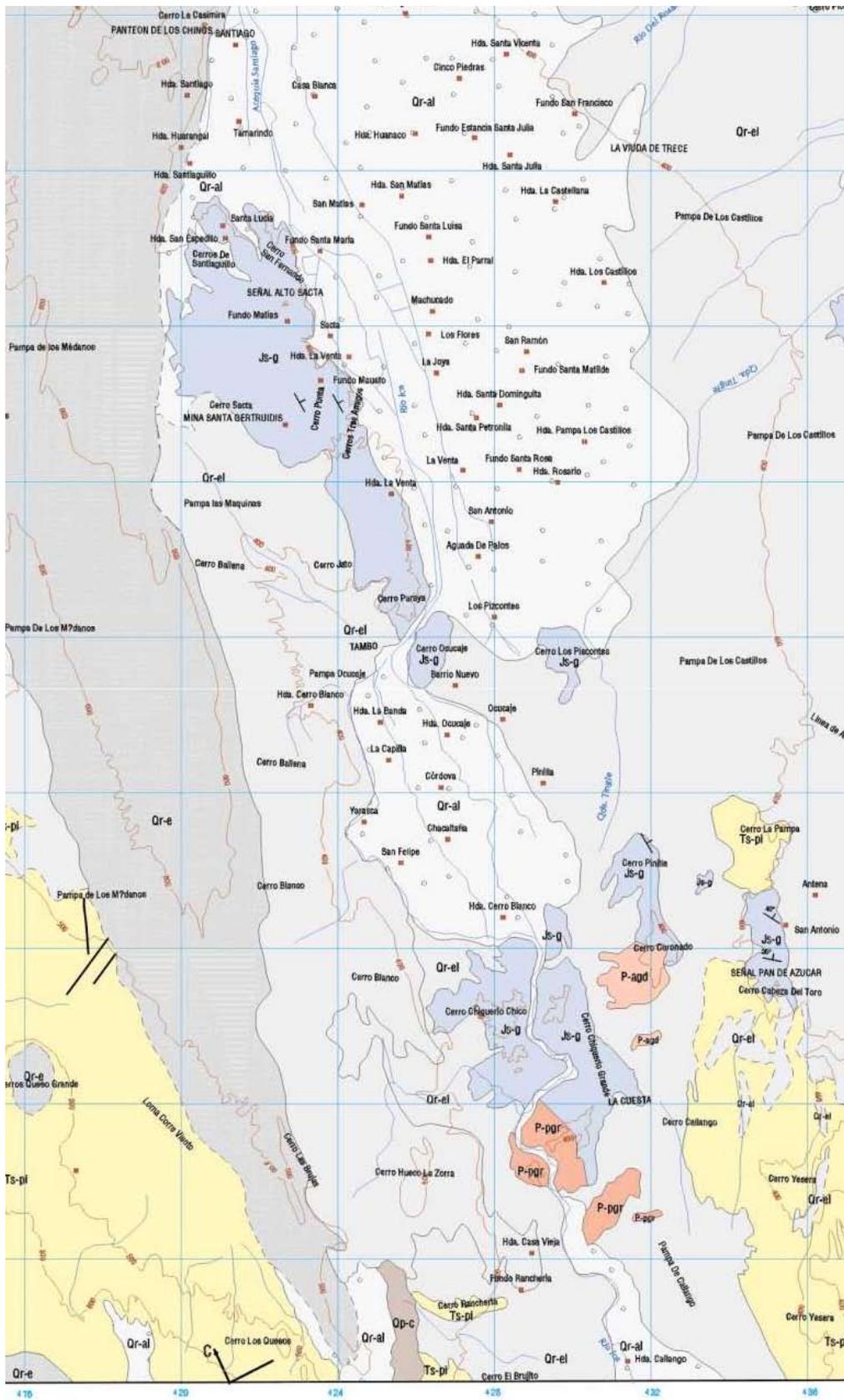
## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. Chaumeton H. (1989). *Guía de los Minerales UNMSM*. Geología. 384: 14, 165, 166.
4. Hochleitner R. (1983) *Minerales y Rocas*. UNMSM. Geología. 250:127, 238.
5. Kraus E.H., Hunt W.F., Ramsdell L.S. (1965). *Mineralogía UNMSM*. Geología; 665: 440, 441.
6. Lissón C. (1898). *Fosfatos de Ocucaje*. Boletín de Minas, Industria y Construcciones Perú; 74: 33, 34, 35, 45.
7. Luís I., Gonzalez De Vallejo, Ferrer M., Ortuno L., Oteo C. (2002). *Ingeniería Geológica*. UNMSM. Perú; 744: 304, 316.
8. Melgarejo C. (1997). *Atlas de Asociaciones de Minerales en Lámina Delgada*. 1.ª ed., UNMSM-Geología Perú; 432: 393, 323, 330.
9. Misión Española (1978). “Yacimientos de Fosfatos en el Perú”. Tomo 16. *Asistencia Técnica Minerales no Metálicos*. INGEMMET, Perú. 5.12. Fosfatos, 5.12.1 Características y usos.
10. Misión Española (1972). “Fosfatos de Ocucaje”. *Inventario Nacional de Sustancias no Metálicas*. Primera Etapa. INGEMMET, Perú. 200: 94, 95.
11. René M. - Christian De Muizon C. (1988). “Los Vertebrados del Neogeno de la Costa Sur del Perú”. *Ambiente Sedimentario y condiciones de Fosilización*. Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos. XVII(2): 105-117.
12. Ruegg W. (1962). “Los depósitos de Fosfatos de Nasca”. *Artículo Escuela Especial de Ingenieros de Lima - Perú*. 5: 3, 4.
13. Schumann W. (1997). *Guía de Piedras Preciosas y Ornamentales*. UNMSM. Geología. 271: 18, 19, 194.
14. Tuzo W. (1976). *Selecciones de Scientific American “Deriva Continental y Tectónica de Placas*. 2.ª ed. (revisada y aumentada). UNMSM. Perú. 272: 140, 141.
15. Yaakov G. (1978). *El Modelo Hidrogeológico de los Acuíferos Costeros del Perú*. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. 98: 18, 19.



“LOS FOSFATOS DE OCUCAJE” ICA – PERÚ. 2009

UBICACIÓN-GEOLOGÍA



Plano 2